

RAFAEL FERNANDO TOZZI

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO GERENCIAMENTO NA GERAÇÃO DOS
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) – ESTUDO DE CASO DE DUAS
OBRAS EM CURITIBA/PR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Engenharia de
Recursos Hídricos e Ambiental, Curso de Pós-
Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos
e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade
Federal do Paraná.

Orientador: Prof^ª. Maria Cristina Borba Braga, PhD

**CURITIBA
2006**

RAFAEL FERNANDO TOZZI

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DO GERENCIAMENTO NA GERAÇÃO DOS
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC) – ESTUDO DE CASO DE DUAS
OBRAS EM CURITIBA/PR**

**CURITIBA
2006**

Dedico este trabalho aos meus pais,
Marcos e Silvete, por todo apoio e
incentivo a minha vida pessoal e
profissional.

AGRADECIMENTOS

À toda minha família, em especial, ao meu pai e grande amigo, Marcos José Tozzi, que sempre acreditou no meu potencial, à minha “mãezona”, Silvete do Rocio Tozzi, que nunca me deixou faltar uma palavra de incentivo, à minha irmã e conselheira, Adriana Regina Tozzi, por ter aberto muitas portas em diversas etapas da minha vida, e ao meu irmão, Marcos Gabriel Tozzi, pelo companheirismo de sempre e pelos momentos de descontração.

À minha professora e orientadora, Maria Cristina Borba Braga, pela paciência e pelo desafio de estudar, junto comigo, essa área dos resíduos da construção civil.

À Carol, uma pessoa muito especial que conheci no mestrado, e que se tornou mais do que uma grande amiga. Muito obrigado por todo seu apoio.

Aos amigos que fiz durante a realização da dissertação, que tornaram os momentos de estudo mais agradáveis e menos cansativos. Em especial ao Breno e ao Iuri, pelo esforço e vontade demonstrada, que serviu como exemplo nos momentos mais difíceis.

Às construtoras que permitiram a realização deste trabalho nos canteiros de obra, em especial, ao mestre de obra Agenor e toda sua equipe.

À transportadora de resíduos “Transresíduos”, pela colaboração na pesagem dos resíduos na balança rodoviária.

Ao engenheiro civil Paulo Guimarães, pelas dicas e pela ajuda nos momentos de dúvida.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA) pela oportunidade.

A CAPES, pela bolsa de estudos.

A DEUS, por tudo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xii
LISTA DE SIGLAS.....	xiii
LISTA DE SÍMBOLOS.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	4
2.1.1 Desenvolvimento Sustentável na Indústria da Construção.....	5
2.2. LEIS E NORMAS VIGENTES NO BRASIL.....	9
2.2.1 Resolução CONAMA N° 307/02.....	11
2.2.2 Normas Técnicas sobre Resíduos da Construção e Demolição.....	13
2.2.3 Decreto N°1.068 do Município de Curitiba/PR.....	14
2.2.4 Decreto N° 42.217/02 do Município de São Paulo/SP.....	15
2.2.5 Resolução Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) N° 387 do Município do Rio de Janeiro/RJ.....	15
2.3. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC.....	16
2.3.1. Geração dos Resíduos da Construção Civil.....	16
2.3.2. Composição dos Resíduos da Construção Civil.....	19
2.3.3. Coleta e Disposição Final dos Resíduos da Construção Civil.....	20
2.4. A INTERFACE ENTRE O MEIO AMBIENTE E O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	22
2.4.1. Impactos Ambientais pelo Consumo de Recursos Naturais.....	23
2.4.2. Impactos Ambientais em função da Geração de Resíduos.....	24

2.4.3. Soluções para Redução dos Impactos Ambientais.....	25
2.5. GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.5.1. Gerenciamento dos RCC.....	28
2.5.2. Exemplos de Gerenciamento de RCC.....	30
2.6. REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	34
2.6.1. Reutilização dos RCC.....	37
2.6.2. Reciclagem dos RCC.....	38
OBJETIVOS.....	41
OBJETIVO GERAL.....	41
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
3.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	43
3.1.1 OBRA 1 – com aplicação do gerenciamento de resíduos.....	44
3.1.2. OBRA 2.....	45
3.2 Gerenciamento da OBRA 1.....	46
3.2.1. Palestra Inaugural.....	47
3.2.2. Planejamento.....	48
3.2.3. Implantação.....	50
3.2.4. Monitoramento.....	51
3.3. MONITORAMENTO DA OBRA 2.....	53
3.4. QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	54
4. RESULTADOS.....	59
4.1. OBRA 1.....	59
4.1.1. Quantificação dos resíduos da OBRA 1.....	60
4.1.2. Boas práticas para minimização de resíduos.....	67
4.1.3. Reaproveitamento de resíduos.....	69
4.1.4. Disposição final dos resíduos.....	74
4.2. OBRA 2.....	76

4.2.1. Acompanhamento das atividades da Obra 2.....	77
4.2.2. Quantificação dos resíduos.....	80
4.3. ESTUDO COMPARATIVO.....	81
4.4. AVALIAÇÃO DOS CUSTOS.....	85
5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS	

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – HIERARQUIA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS.....	28
FIGURA 3.1 – FASE INICIAL DA CONSTRUÇÃO DOS DOIS SOBRADOS DA OBRA 1.....	45
FIGURA 3.2 – VISTA DOS SOBRADOS DA OBRA 2.....	46
FIGURA 3.3 – EQUIPE DE TRABALHO REUNIDA NA PALESTRA INAUGURAL.....	47
FIGURA 3.4 – BAIAS CONSTRUÍDAS NO CANTEIRO DE OBRA.....	50
FIGURA 3.5 – SOBRADOS TERMINADOS – MAIO 2006.....	52
FIGURA 3.6 – LOCALIZAÇÃO DA CAÇAMBA ESTACIONÁRIA NA OBRA 2.....	53
FIGURA 3.7 – BALANÇA UTILIZADA PARA A QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS NA OBRA 1.....	54
FIGURA 3.8 – BALANÇA RODOVIÁRIA.....	57
FIGURA 4.1 – QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS.....	61
FIGURA 4.2 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA BAIA CLASSE A1.....	62
FIGURA 4.3 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA BAIA CLASSE A2.....	62
FIGURA 4.4 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA BAIA CLASSE A3.....	63
FIGURA 4.5 – COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1.....	65
FIGURA 4.6 – COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DE CANTEIROS DE OBRAS EM SÃO PAULO/SP E SANTO ANDRÉ/SP.....	65
FIGURA 4.7 – MADEIRA ARMAZENADA TEMPORARIAMENTE NO CANTEIRO DE OBRA.....	66
FIGURA 4.8 – ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS NO CANTEIRO DE OBRA.....	68
FIGURA 4.9 – RESÍDUO DA ARGAMASSA.....	70
FIGURA 4.10 – PAVIMENTO COM A APLICAÇÃO DA CALIÇA.....	71
FIGURA 4.11 – COMPARAÇÃO ENTRE OS AGREGADOS BRITA E CALIÇA.....	72
FIGURA 4.12 – EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO DOS SOBRADOS.....	72
FIGURA 4.13 – MATERIAL DISPOSTO NO CANTEIRO DE OBRA 2.....	77
FIGURA 4.14 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA PARTE EXTERNA DO CANTEIRO DA OBRA.....	78
FIGURA 4.15 – CAÇAMBA ESTACIONÁRIA LOCALIZADA FORA DO CANTEIRO DA OBRA 2.....	78
FIGURA 4.16 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA CAÇAMBA ESTACIONÁRIA.....	79
FIGURA 4.17 – VISTA DOS SOBRADOS UTILIZADOS NA PESQUISA.....	81
FIGURA 4.18 – RELAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS DUAS OBRAS UTILIZADAS NO ESTUDO.....	82
FIGURA 4.19 – RELAÇÃO DOS RESÍDUOS DISPOSTOS EM ATERRO DE RCC NAS DUAS OBRAS UTILIZADAS NO ESTUDO.....	84

LISTA DE QUADROS

QUADRO 2.1 – PROBLEMAS E DESAFIOS PARA ATINGIR A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.....	6
QUADRO 3.1 – DADOS RELATIVOS ÀS DUAS OBRAS ADOTADAS PARA O ESTUDO DE CASO DA PESQUISA.....	44
QUADRO 4.1 – DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1..	75

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1	– GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NAS PRINCIPAIS CAPITAIS BRASILEIRAS.....	18
TABELA 3.1	– PLANILHA UTILIZADA PARA A QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1.....	55
TABELA 3.2	– PESO ESPECÍFICO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA OBRA.....	56
TABELA 4.1	– COMPOSIÇÃO DOS RCC DA OBRA 1 APRESENTADOS EM VOLUME (m³) E PORCENTAGEM (%)......	63
TABELA 4.2	– COMPARAÇÃO ENTRE A COMPOSIÇÃO DOS RCC DA OBRA 1, PINTO (1999) E LAQUATRA E PIERCE (2004).....	65
TABELA 4.3	– QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA OBRA 2.....	80
TABELA 4.4	– RELAÇÃO ENTRE O VOLUME TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1 E O VOLUME DISPOSTO EM ATERRO DE RCC.....	85
TABELA 4.5	– ECONOMIA GERADA PELA NÃO DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS NA CAÇAMBA ESTACIONÁRIA.....	86
TABELA 4.6	– RELAÇÃO DOS MATERIAIS REAPROVEITADOS COMO AGREGADOS NATURAIS.....	86
TABELA 4.7	– ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA TODOS SOBRADOS DO CANTEIRO DA OBRA 1.....	87

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEF	Caixa Econômica Federal
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIB	International Council of Research and Innovation in Building and Construction
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CPDS	Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável
EPA	Environmental Protection Agency
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MTR	Manifesto de Transporte de Resíduos
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PIB	Produto Interno Bruto
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição
SINDUSCON	Sindicato das Indústrias de Construção Civil
SMAC	Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro/RJ
SMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Curitiba/PR
WAMBUCO	Waste Manual for Building Constructions

LISTA DE SÍMBOLOS

CFC	Clorofluorcarbono
CH ₄	Gás Metano
CO ₂	Dióxido de Carbono
P	Massa (kg)
V	Volume (m ³)
ρ	Peso específico (kg/m ³)

RESUMO

O setor da construção civil gera impactos ambientais, tanto em relação ao consumo de recursos naturais não-renováveis, quanto à geração de resíduos. Estes resíduos, conhecidos como resíduos da construção civil – RCC, podem representar até 50% do total de resíduos sólidos produzidos nas grandes cidades. O surgimento de legislação específica, juntamente com a proibição do encaminhamento dos resíduos a aterros sanitários, contribuiu para o aparecimento de uma série de atividades envolvendo a valorização dos RCC. Este estudo foi desenvolvido utilizando duas obras no Município de Curitiba/PR, tendo sido aplicada uma metodologia de gerenciamento em uma delas. A aplicação da metodologia de gerenciamento no local da geração de resíduos, no caso o canteiro de obras, representa uma possibilidade de reduzir os impactos ambientais produzidos pelo setor, através da introdução de técnicas que visem a minimização e o reaproveitamento dos RCC. Através da quantificação dos resíduos gerados nas duas obras, pode-se observar uma diferença significativa entre os volumes de geração. A Obra 1, com a aplicação da metodologia de gerenciamento, apresentou um volume de geração 4 vezes menor que o gerado pela Obra 2, que não sofreu qualquer intervenção do estudo. A pesquisa desenvolvida demonstrou que a aplicação da metodologia de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil pode proporcionar às construtoras, e também ao meio ambiente, vantagens significativas.

ABSTRACT

Environmental impacts have been related to the civil engineering sector, with regard to both consumption of non-renewable resources and solid waste generation and final disposal. Construction and demolition waste - CDW can represent up to 50% of the total amount of solid waste produced in big cities. Construction and demolition waste recycling bills as well as mandatory plans, which have come into force lately or are to be put into force in a near future, have contributed for the establishment of construction waste cutback goals. This study was carried out in Curitiba – PR with two construction site of semidetached houses being chosen as a case study. In one of them, construction site 1, a management plan was defined and applied whereas in the other, construction site 2, all construction operations were only observed and the total amount of waste weighed. The results showed that the implementation of a CDW management plan through techniques of *in loco* waste minimization and reutilization represented a possibility to reduce the environmental impacts related to this sector. The quantification of CDW carried out in both constructions allowed the observation of a significant difference with regard to the volumes produced. The construction site 1, the one where the management plan was implemented, produced 4 times less waste than construction site 2, where only observation of all activities and total quantification were carried out. The results produced by this research demonstrated that the implementation of a Construction and Demolition Waste Integrated Management Plan can provide significant reduction of related environmental impacts as well financial returns to the builder companies.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é reconhecida como grande geradora de impactos ambientais, tanto pelo consumo de recursos naturais, de origem não renovável, como pela geração de resíduos. Como consequência, o setor da construção civil tem recebido críticas em relação aos desperdícios de matéria-prima e insumos (CEF, 2001; ARAUJO, 2002; SINDUSCON-SP, 2005).

Em relação à geração de resíduos, de acordo com CHUNG e LO¹ (citado por COSTA, 2003), estima-se que os resíduos representem, aproximadamente, 20 a 30% do fluxo de resíduos gerados nas grandes cidades, sendo que muitas vezes este potencial pode chegar a mais de 50% do total de resíduos sólidos produzidos. Além disso, no desenvolvimento de uma obra, vários detalhes contribuem para que, em média, 30% dos materiais perfeitamente utilizáveis sejam destinados a aterros. A falta de gerenciamento desses resíduos acarreta uma série de problemas, entre os quais a sua deposição irregular em córregos, fundo de vales e terrenos baldios.

O problema da disposição irregular dos RCC ainda tem um agravante, pois a legislação federal, Resolução CONAMA N° 307/02, proíbe o encaminhamento destes resíduos a aterros sanitários, o que aumenta a importância da redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados nos canteiros de obra (CONAMA, 2002).

Atualmente, tanto no Brasil como no exterior, o interesse em identificar técnicas de minimização de RCC tem se tornando mais evidente (WALKER e DOHMANN, 1996; HUANG *et al.*, 2002; FATTA *et al.*, 2003; KLANG *et al.*, 2003; GREENWOOD, 2004; SCHNEIDER e PHILIPPI JUNIOR, 2004; SOUZA *et al.*, 2004; LEE, 2005). No Brasil, do ponto de vista ambiental, a grande contribuição para o setor da construção civil foi a publicação da Resolução CONAMA N° 307, de 05 de

¹ CHUNG, S.S; LO, C. H. **Evaluation sustainability in waste management: the case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong.** Resources, Conservation and Recycling, n.37, 2003.

julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos RCC para que sejam disciplinadas as ações necessárias para minimizar os impactos ambientais causados pela disposição de RCC. De acordo com esta Resolução podem ser classificados como RCC os resíduos oriundos da construção, reformas e demolição de edifícios ou obras de infra-estrutura. Desta forma, os entulhos podem ser constituídos por telhas, forros, tijolos e blocos cerâmicos, concreto em geral, madeira, argamassa, gesso, tubulações e vidros, entre outros.

A Resolução CONAMA N° 307/02, deu início a uma série de atividades envolvendo a valorização dos RCC, através do incentivo à reutilização e reciclagem. Além de tratar da valorização dos resíduos, esta resolução também estabelece a responsabilidade dos geradores em relação à elaboração de programas de gerenciamento de resíduos para cada obra.

Neste contexto, a implantação de práticas de gerenciamento nos canteiros de obras passa a ser de fundamental importância para o setor da construção civil. A introdução de técnicas que visem a minimização e o reaproveitamento dos RCC representam uma possibilidade de reduzir os impactos ambientais produzidos pelo setor.

O surgimento de legislação específica, tanto no âmbito federal quanto no municipal, e de normas para o setor da construção civil, pode ser considerado como o principal responsável pelo surgimento de uma nova postura em relação aos RCC. Isso porque os agentes envolvidos, sentindo que novos padrões estão sendo estabelecidos, começam a mostrar interesse pelo assunto e, dessa forma, a procurar soluções que possam reduzir os problemas associados às atividades da construção civil.

O presente estudo teve como objetivo acompanhar o desenvolvimento de duas obras no Município de Curitiba/PR, introduzindo em uma delas uma metodologia de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, de acordo com as especificações da Resolução CONAMA N° 307/02.

O estudo dos resíduos da construção civil é importante devido ao desconhecimento dos volumes gerados, dos impactos que eles causam, dos custos sociais envolvidos e, inclusive, das possibilidades de seu reaproveitamento. A realização deste estudo pretende apresentar, aos agentes envolvidos com o setor da construção civil, os benefícios que a utilização da metodologia de gerenciamento de RCC pode ter sob o ponto de vista financeiro, institucional e ambiental.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável, conceito definido pela Comissão de Brundtland em 1987, porém consolidado pela *Agenda 21*² em 1992, pode ser definido como o desenvolvimento da humanidade em harmonia com as limitações ecológicas do planeta, de forma a preservar às gerações futuras, condições para que as mesmas tenham a chance de existir e viver bem, de acordo com suas necessidades. A *Agenda 21* consolida a idéia de que o desenvolvimento e a conservação do meio ambiente são dois elementos-chave que devem caminhar juntos, alterando assim o padrão tradicional de crescimento econômico, sem prejudicar o desenvolvimento e o meio ambiente (ASSEMBLÉIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS, 1992; DEGANI, 2003; SOUZA *et al.*, 2004).

A partir da *Agenda 21*, em 1992, todos os países que participaram do acordo assumiram o compromisso de elaborar e implementar sua própria Agenda Nacional. Desta forma, a *Agenda 21* brasileira foi elaborada pelo Ministério do Meio Ambiente, pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e pela Agenda 21 Nacional (CPDS), sendo que o processo de construção ocorreu entre os anos de 1996 e 2002. Esta agenda propõe a aplicação progressiva dos conhecimentos científicos e tecnológicos disponíveis a todos os agentes dos diferentes setores econômicos, em favor do desenvolvimento sustentável (MMA, 2000; DEGANI, 2003).

Na *Agenda 21* Global o setor de construção civil é citado em 13 dos 48 capítulos que a compõem. De acordo com COSTA (2003), essa abordagem revela que, para o desenvolvimento sustentável ser alcançado pela sociedade, existe a necessidade que esse setor contribua com uma grande participação no processo.

² A *Agenda 21* foi elaborada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), a Eco-92, em consenso entre governos e instituições da sociedade civil de 179 países, sendo composta por 48 capítulos.

2.1.1 Desenvolvimento Sustentável na Indústria da Construção

Tendo em vista a importância do setor da construção civil para o processo do desenvolvimento sustentável, foi criada pelo CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction) a *Agenda 21* específica para o setor, denominada “*Agenda 21 on Sustainable Construction*”. Esta agenda aborda conceitos, aspectos, práticas, programas e dificuldades para alcançar o desenvolvimento sustentável na indústria da construção (JOHN *et al.*, 2001; COSTA, 2003; DEGANI, 2003).

O principal objetivo da Agenda 21 desenvolvida pelo CIB foi proporcionar às indústrias a comparação de visões e percepções de desenvolvimento sustentável e permitir a avaliação do futuro do setor de construção civil (CIB, 1999; COSTA, 2003).

De acordo com os principais aspectos apontados pela Agenda do CIB, para se obter a construção sustentável, seria necessário: (1) reduzir o consumo energético e a extração de recursos naturais, (2) conservar as áreas naturais e a biodiversidade e (3) manter a qualidade do ambiente construído e gerenciar a salubridade do ar interior (CIB, 1999; DEGANI, 2003).

KIBERT³ citado por COSTA (2003, p.22), define construção sustentável como: “a criação e manutenção responsável de um ambiente construído saudável, baseado na eficiência de recursos e princípios ecológicos”. Para ARRUDA (2002), a construção sustentável deve enfatizar aspectos ambientais, sociais, econômicos e políticos.

Um resumo dos principais problemas apontados pelo CIB, assim como os desafios para se atingir a construção sustentável estão apresentados no Quadro 2.1.

³ KIBERT, C.J.; LANGUAGE, J.L. **Implementing deconstruction in Florida: Materials reuse issues, disassembly techniques, economics and policy**. Florida center of solid and hazardous waste management, 2000. Disponível em: <http://www.floridacenter.org/publications/kibert.pdf>. Acesso em julho de 2002.

QUADRO 2.1 – PROBLEMAS E DESAFIOS PARA ATINGIR A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Ações e desafios para o setor de construção	Conteúdo
Gerenciamento e organização	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar o projeto de processos; • Melhorar os padrões ambientais da indústria da construção; • Promover a reengenharia do processo produtivo; • Incentivar a penetração de novas tecnologias que definirão um novo conceito de edificação; • Melhorar o desempenho de todos os participantes do processo, uso de ferramentas de qualidade, tecnologia da informação; • Promover o treinamento em multi-tarefas; • Incorporar a sustentabilidade no processo de tomada de decisões; • Garantir a completa aceitação do público do conceito de sustentabilidade via projetos demonstrativos; • Promover o uso de selos ambientais, certificação e padrões ambientais.
Aspectos de edifícios e produtos de construção	<ul style="list-style-type: none"> • Analisar o desempenho ambiental das edificações; • Reduzir a quantidade de materiais e energia durante a fabricação dos produtos; • Reutilizar e reciclar; • Uso da ferramenta avaliação do ciclo de vida do produto; • Padronização dos métodos para avaliar a qualidade ambiental das edificações; • Utilizar materiais reciclados ou fabricados com recursos renováveis.

QUADRO 2.1 – PROBLEMAS E DESAFIOS PARA ATINGIR A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

conclusão

Ações e desafios para o setor de construção	Conteúdo
Consumo de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir a demanda de energia nos processos e durante a vida da edificação; • Utilizar novas tecnologias para reduzir energia em novos edifícios e no estoque atual; • Utilizar recursos renováveis e materiais reciclados; • Selecionar materiais na fase de construção; • Promover o uso eficiente da terra; • Projetar para longa vida de serviço; • Adaptar/conservar os edifícios existentes.
Impactos da construção sobre o desenvolvimento sustentável urbano	<ul style="list-style-type: none"> • Melhorar a qualidade do ambiente: reduzir os problemas de poluição sonora e do ar; • Gerenciar os recursos como água, terra, energia e matérias-primas; • Gerenciar os riscos; • Fixar o crescimento urbano (uso do conceito de cidades compactas); • Utilizar os recursos e gerenciar os resíduos.

FONTE: Adaptado de COSTA (2003)

Segundo JOHN *et al.* (2001), a *Agenda 21 on Sustainable Construction*, publicada em 1999, é aplicada essencialmente para os países desenvolvidos, isto porque as maiores contribuições para esta publicação vieram desses países. De acordo com o autor, as diferenças entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento estão além dos aspectos econômicos, elas se apresentam com grande intensidade nos impactos ambientais gerados por ambas sociedades.

Um exemplo disso é o fato dos países desenvolvidos serem responsáveis por 70% da produção dos três gases estufas, o dióxido de carbono (CO₂), o clorofluorcarbono (CFC) e o gás metano (CH₄), causadores do aquecimento global,

além de consumirem 70% da energia mundial, 75% dos metais, 85% das madeiras e 70% dos alimentos (ARAUJO, 2002).

De forma a adequar as questões brasileiras em relação à publicação da *Agenda 21 on Sustainable Construction*, JOHN *et al.* (2001) propuseram uma agenda para a construção civil brasileira, mantendo a estrutura da Agenda 21 criada pelo CIB, mas considerando as particularidades e necessidades ambientais, sociais e funcionais do Brasil (DEGANI, 2003).

A *Agenda 21* para a construção brasileira considera as seguintes ações como essenciais para a obtenção da construção sustentável:

- melhoria da qualidade do ar interno;
- avaliação ambiental de edifícios e de produtos para construção com base em seu ciclo de vida;
- seleção de materiais ambientalmente saudáveis;
- redução de desperdício e gestão de resíduos;
- reciclagem de resíduos da construção civil (RCC) e aumento no uso de reciclados como materiais de construção;
- uso racional da água;
- uso racional de energia e aumento da eficiência energética do setor; demanda por tecnologias de conservação de energia;
- aumento da durabilidade e planejamento da manutenção;
- melhoria da qualidade da construção;

Ainda a respeito da *Agenda 21* para a construção brasileira, JOHN *et al.* (2001) afirmam que o mercado brasileiro conta com produtos que contribuem com a proteção ao meio ambiente, sejam eles para reduzir o consumo de recursos naturais, promover o uso racional da água e da energia ou melhorar a sua durabilidade.

Para alcançar a sustentabilidade do setor da construção civil, COSTA (2003) afirma que é necessário reduzir o desperdício e aplicar uma gestão adequada aos

resíduos que são produzidos, somente desta forma, é possível atingir a sustentabilidade.

2.2. LEIS E NORMAS VIGENTES NO BRASIL

A primeira norma a definir uma classificação específica para os resíduos sólidos no Brasil foi a NBR 10.004, publicada em 1987. Para efeitos desta norma, os resíduos eram enquadrados em três classes: a) Classe I – perigosos, b) Classe II – não-inertes e c) Classe III – inertes. Em 2004, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou uma nova versão da NBR 10.004, alterando a classificação dos resíduos sólidos. Pela nova classificação, os resíduos são divididos em apenas duas classes: a) Classe I – perigosos e b) Classe II – não-perigosos, sendo a Classe II subdividida em outras duas classes, II A – não-inertes e II B – inertes.

Segundo COSTA (2003), os resíduos da construção e demolição (RCD) pela classificação NBR 10.004 eram enquadrados, em sua grande maioria, como inertes⁴, o que os tornava inofensivos à sociedade, desviando a atenção em relação aos problemas que sua geração ocasionava. De acordo com DEGANI (2003), mesmo considerando a possibilidade dos RCD serem considerados inertes, somente entraria nesta classificação o entulho composto por argamassas, tijolos, cerâmica, concretos e solos de escavação. No entanto, o fato das caçambas estacionárias no Brasil receberem todo o material não coletado pelo serviço de coleta regular de resíduos domiciliares, faz com que todos os resíduos gerados na obra sejam dispostos na caçamba, impossibilitando a classificação dos mesmos como inertes.

Com o objetivo de facilitar a classificação dos RCD, LIMA (1999) propôs uma classificação específica, na qual os resíduos foram divididos em seis classes:

- Classe 1 – Resíduo de concreto sem impurezas, composto predominantemente por concreto estrutural, simples ou armado, com teores

⁴ A NBR 10.004 classifica como inertes quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a um contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, em temperatura ambiente e conforme teste de solubilização, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

limitados de alvenaria, argamassa e impurezas como gesso, terra, vegetação, vidro, papel, entre outros;

- Classe 2 – Resíduo de alvenaria sem impurezas, composto predominantemente por argamassas, alvenaria e concreto, com presença de outros materiais inertes, como areia e pedra britada, com teores limitados de impurezas;
- Classe 3 – Resíduo de alvenaria sem materiais cerâmicos e sem impurezas, composto predominantemente por argamassa, concreto e alvenaria de componentes de concreto, com presença de outros materiais inertes, como areia, pedra britada, fibrocimento, com teores limitados de impurezas;
- Classe 4 – Resíduo de alvenaria com presença de terra e vegetação, composto predominantemente pelos mesmos materiais do resíduo da Classe 2, mas admitindo a presença de terra ou vegetação até uma certa porcentagem, em volume. Um teor de impurezas superior ao das classes acima é tolerado;
- Classe 5 – Resíduo composto por terra e vegetação, com teores acima do admitido no resíduo da Classe 4. Essa categoria de resíduos admite presença de argamassa, alvenarias e concretos, e de outros materiais inertes, como areia, pedra britada e fibrocimento. Os teores de impurezas são relativos aos das demais classes;
- Classe 6 – Resíduo com predominância de material asfáltico, com limitações para outras impurezas, como argamassas, alvenarias, terra, vegetação, gesso, vidros e outros.

Esta classificação não foi adotada oficialmente e, somente em 2002, foi homologada uma resolução de âmbito nacional que trata de maneira específica os RCD.

2.2.1 Resolução CONAMA N° 307/02

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) N° 307, de 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos de construção e demolição, para que sejam disciplinadas as ações necessárias, de forma a minimizar os impactos ambientais. Esta Resolução estabeleceu prazos para o enquadramento de municípios e de geradores de RCD (CONAMA, 2002).

De acordo com esta Resolução podem ser classificados como RCD os resíduos oriundos da construção, reformas e demolição de edifícios ou obras de infra-estrutura. Desta forma, os entulhos podem ser constituídos por telhas, forros, tijolos e blocos cerâmicos, concreto em geral, madeira, argamassa, gesso, tubulações, vidros, entre outros.

A Resolução CONAMA N° 307/02 classifica os resíduos oriundos da indústria da construção civil como:

- Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações, componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento entre outros), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, entre outros), produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B – são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;

- Classe C – são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D – são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

O fato da Resolução CONAMA N° 307/02 não incluir os resíduos de amianto na Classe D trouxe como consequência a publicação de um aditivo, constituído pela Resolução CONAMA N° 348, de 16 de agosto de 2004, que inclui o amianto na Classe D. Essa mudança foi embasada na Resolução CONAMA N° 235, de 7 de janeiro de 1998, que trata da classificação de resíduos para o gerenciamento de importações, e classifica o amianto em pó (asbesto) e outros desperdícios de amianto como resíduos perigosos Classe 1, de importação proibida (CONAMA, 2004).

Entre as medidas dispostas na Resolução CONAMA N° 307/02 pode-se destacar aquela que considera como responsabilidade do gerador a coleta, o transporte e a disposição final adequada dos RCD. De acordo com COSTA (2003), em algumas cidades os serviços da prefeitura responsabilizem-se pela coleta de até 50 kg, é o caso de Curitiba, onde a Prefeitura Municipal responsabiliza-se pela coleta dos resíduos dos pequenos geradores⁵ (CURITIBA, 2004).

Ainda segundo a Resolução, os resíduos de construção e demolição não poderão ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em áreas de “bota fora”, em encostas, corpos d’água, lotes vagos ou em áreas protegidas por lei.

Em relação aos aterros sanitários comuns, a proibição do encaminhamento dos RCD deve contribuir para o não esgotamento destas áreas de maneira

⁵ Em Curitiba, pequenos geradores são pessoas físicas ou jurídicas, que geram a quantidade máxima de 2.500 litros (2,5 m³) de resíduos da construção civil, num intervalo não inferior a 2 meses.

acelerada, pois este tipo de resíduo representa uma grande parcela dos resíduos sólidos urbanos (RSU), o que acarreta num acréscimo de volume significativo ao volume total (ANGULO *et al.*, 2003b; LEE, 2005). Já a proibição quanto à disposição em áreas de “bota fora”, encostas e corpos d’água está relacionada aos impactos ambientais que esse tipo de deposição irregular podem acarretar a sociedade em geral (PINTO, 1999; JOHN, 2000).

As diretrizes especificadas pela Resolução CONAMA N° 307/02, que torna obrigatória a elaboração de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC) para todos os Municípios e o Distrito Federal, estimularam o surgimento de Leis e Decretos Municipais, para que todas as exigências contidas na Resolução fossem cumpridas. Dessa forma, algumas cidades já estão se adequando de modo a atender as regulamentações impostas pelas legislações nacionais.

2.2.2 Normas Técnicas sobre Resíduos da Construção e Demolição

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) editou, em 2004, uma série de normas relativas aos resíduos da construção civil. O conteúdo referente a estas normas vem de encontro à atual filosofia do setor da construção civil e, também, às diretrizes propostas pela Resolução CONAMA N° 307/02. De maneira geral, estas normas tratam da disposição dos RCD em áreas de transbordo, aterros, áreas de reciclagem e o seu uso como agregados reciclados na construção civil.

As normas referidas acima são:

- NBR 15.112/2004 – Resíduos da Construção Civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004a);
- NBR 15.113/2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil e Resíduos Inertes – Aterros – Diretrizes para projetos, implantação e operação (ABNT, 2004b);

- NBR 15.114/2004 – Resíduos Sólidos da Construção Civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação (ABNT, 2004c);
- NBR 15.115/2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos (ABNT, 2004d); e
- NBR 15.116/2004 – Agregados Reciclados de Resíduos Sólidos da Construção Civil – Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos (ABNT, 2004e).

A criação e a implantação de programas que estimulem a qualificação das empresas brasileiras também devem contribuir para a melhoria do setor da construção civil e para a diminuição dos impactos ambientais. Neste sentido, a Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República instituiu o PBQP-H, Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat. Este programa tem como objetivo promover a qualidade e a produtividade do setor da construção civil (AMBROZEWICZ, 2001; BRASIL, 2006).

Com a implementação deste programa, as construtoras têm a oportunidade de aumentar a sua competitividade através da redução de desperdícios, melhorar a formação de profissionais, materiais e utilizar componentes de melhor qualidade, além de se adequar às Normas Técnicas (BRASIL, 2006).

2.2.3 Decreto N° 1.068 do Município de Curitiba/PR

O Município de Curitiba/PR, através do Decreto N° 1.068, de 18 de novembro de 2004 (CURITIBA, 2004), instituiu o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. O objetivo deste Plano é estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de RCC em conformidade com a Resolução CONAMA N° 307/02, com a Lei Federal N° 10.257/01, Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001), e com as demais leis municipais pertinentes. Este Plano foi desenvolvido pela Prefeitura Municipal de Curitiba em

conjunto com os diferentes setores diretamente envolvidos com a questão dos RCC e entrou em vigor no início de 2005. Desde então, as diretrizes referente às responsabilidades dos geradores e, também, dos transportadores, passaram a ser fiscalizadas e punidas através da aplicação de penalidades aos infratores.

2.2.4 Decreto N° 42.217/02 do Município de São Paulo/SP

No Município de São Paulo, o Decreto N° 42.217/02 (SÃO PAULO, 2002) regulamenta a Lei N° 10.315, de 30 de abril de 1987, no que se refere ao uso de áreas destinadas ao transbordo e triagem de resíduos da construção civil e resíduos volumosos. Com isto, a prefeitura pretende incentivar a iniciativa privada a implantar e operar Áreas de Transbordo e Triagem de Entulho. Como consequência das exigências legais, a Prefeitura de São Paulo definiu e implementou, em 2004, o Plano Municipal de Gestão Sustentável de entulho. De acordo com este Plano, os construtores deverão submeter à Prefeitura um programa de gestão de resíduos no processo de licenciamento de obras, sendo esperado, como resultado, a solução dos problemas de deposição irregulares de RCC.

2.2.5 Resolução Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) N° 387 do Município do Rio de Janeiro/RJ

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente do Rio de Janeiro, considerando o disposto na Resolução CONAMA N°307/02 e na Lei Municipal N° 2.138/94, institui a Resolução SMAC N° 387, de 24 de maio de 2005 (RIO DE JANEIRO, 2005). Esta resolução disciplina a apresentação de Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil para edificações com área total construída igual ou superior a 10.000 m², empreendimentos ou obras que requeiram movimento de terra com volume superior a 5.000m³ e demolições de edificações com área total construída igual ou superior a 10.000 m², ou volume superior a 5.000 m³.

2.3. RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC

Diversos estudos utilizam a sigla RCD (resíduos da construção e demolição) para designar os resíduos oriundos de processos de construção, reformas, manutenção e demolição. Entretanto, os resíduos provenientes de obras de construções novas podem ser definidos como RCC – resíduos da construção civil, portanto, ambas siglas serão utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

Os aspectos ambientais referentes aos RCC têm gerado bastante interesse nos últimos anos, tanto no Brasil como no exterior. Diversos estudos demonstram que a massa de resíduos de construção gerada nas cidades é igual, ou superior, à massa de resíduos domiciliares. O surgimento de leis, normas, resoluções, decretos e planos tem como objetivo valorizar os RCC e incentivar o seu reaproveitamento (JOHN e AGOPYAN, 2000; THORMARK, 2001; SCHNEIDER e PHILIPPI JUNIOR, 2004).

O reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos da construção têm como objetivo reduzir os impactos ambientais causados por este tipo de resíduo. Da mesma forma, ações que tenham a finalidade de reduzir o volume de geração dos RCC no canteiro da obra, também devem contribuir para diminuir os riscos ao meio ambiente (SCHNEIDER e PHILIPPI JUNIOR, 2004; SOUZA *et al.*, 2004).

Em países como os Estados Unidos, Canadá e nos países europeus em geral, a reciclagem dos resíduos da construção e demolição é uma prática bastante comum. Diversos projetos vêm sendo implantados para desenvolver novas técnicas de reciclagem nesses países desenvolvidos (WAMBUCO, 2002; MALVIN, 2005).

2.3.1. Geração dos Resíduos da Construção Civil

Segundo a *Agenda 21*, os resíduos sólidos são considerados como os maiores causadores de degradação ambiental. Tal fato é justificado tanto pelo volume gerado quanto pelo tratamento e disposição final inadequados. No Brasil, estimativas apontam que o entulho representa de 41 a 70% da massa de resíduos

sólidos urbanos em áreas urbanas, portanto, as atividades de construção civil podem ser consideradas como as maiores geradoras de resíduos (PINTO, 1999; COSTA, 2003).

Em outros países, o entulho também representa uma parcela significativa dos resíduos sólidos urbanos. De acordo com PERA (1996), na Europa Ocidental os resíduos de construção e demolição representam o dobro dos resíduos sólidos urbanos. No Kuwait, a parcela referente aos RCD é de 15 a 30% (KARTAM *et al.*, 2004). Em Hong Kong o valor é de aproximadamente 42%, e em Taiwan as estimativas variam entre 15 e 20% (POON *et al.*, 2001; HUANG *et al.*, 2002).

Os resíduos de construção e demolição são gerados pelas atividades de construção, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil (ANGULO *et al.*, 2002). Nos países desenvolvidos, a parcela referente às demolições representa a maior parte dos resíduos gerados, quando comparada à parcela referente às novas construções. Estima-se que em países da Europa Oriental, 2/3 dos resíduos gerados pelas atividades do setor da construção civil são provenientes de demolições e manutenções. Nos EUA, estudos realizados afirmam que apenas 8% dos resíduos de construção sejam provenientes de atividades de nova construção (EPA, 1998).

PINTO (1987) estimou a geração de resíduos da construção nas principais capitais brasileiras. Os dados referentes a este estudo estão apresentados na TABELA 2.1.

TABELA 2.1 – GERAÇÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NAS PRINCIPAIS CAPITAIS BRASILEIRAS

Capitais	Geração estimada de resíduos/mês (t)
São Paulo	372.000
Rio de Janeiro	27.000
Brasília	85.000
Belo Horizonte	102.000
Porto Alegre	58.000
Salvador	44.000
Recife	18.000
Curitiba	74.000
Fortaleza	50.000
Florianópolis	33.000

FONTE: Adaptado de PINTO (1987)

Pelo fato de o estudo ter sido desenvolvido em 1987, os dados apresentados na TABELA 2.1 podem ser diferentes da realidade atual, devido a inúmeros fatores. No caso da cidade de São Paulo, o Departamento de Limpeza Urbana da Prefeitura estima que, em 2003, foram geradas 17.000 t.RCD/dia, o que representa um valor mensal de aproximadamente 518.000 t (SCHNEIDER e PHILIPPI JUNIOR, 2004). Na cidade de Curitiba, a Prefeitura Municipal tem adotado como 2.500 t (CURITIBA, 2004) a geração de RCD diária, o que acarreta um valor de 76.250 t mensal, valor próximo ao estimado pelo autor.

De acordo com PINTO (1999), no Brasil ocorre uma grande predominância dos resíduos provenientes das novas construções em relação aos resíduos gerados em demolições, em função do desenvolvimento recente das áreas urbanas.

Em obras de nova construção, os resíduos podem ser gerados em diversas fases. Segundo WAMBUCO (2002), 25% destes resíduos são gerados na fase de estruturas, enquanto os 75% restantes são gerados no desenvolvimento da construção.

Segundo JOHN (2000), o volume de geração dos resíduos de construção varia entre uma localidade e outra devido a alguns fatores, sendo os principais, a intensidade de atividade de construção, a tecnologia empregada, as taxas de desperdício e as taxas de manutenção. Para ZORDAN (1997) estas diferenças decorrem do estágio de desenvolvimento da indústria de construção local, como a qualidade da mão-de-obra, as técnicas construtivas utilizadas e a adoção de programas de qualidade, entre outros.

2.3.2. Composição dos Resíduos da Construção Civil

Os resíduos da construção civil são compostos por materiais de diferentes origens e naturezas, tais como argamassas à base de cimento e cal, resíduos de cerâmica vermelha (tijolos e telhas), cerâmica branca, concreto armado ou não, solo, rocha, metal, madeira, papel, plásticos, materiais betuminosos, vidro, gesso, tintas, restos de embalagens, cimento amianto, entre outros. Tais materiais causam impactos distintos no meio ambiente e, apesar de ser relativamente baixa a presença de resíduos perigosos (produtos ácidos, inflamáveis e outros), este aspecto não deve ser desprezado no momento da definição do tratamento e da disposição final dos resíduos (PINTO, 1999; DEGANI, 2003).

Pode-se observar com base em estudos, que a composição dos RCD gerados nos canteiros de obras é diferente para cada país. PINTO (1999) atribuiu esta diferença à diversidade de tecnologias construtivas utilizadas. Como exemplo, pode-se citar as indústrias de construção americana e japonesa, que utilizam a madeira de maneira muito significativa no processo construtivo, diferentemente das

indústrias brasileira e européia (ZORDAN, 1997; PINTO, 1999; ANGULO, 2000; DEGANI, 2003).

De acordo com o SINDUSCON do Distrito Federal (2005), os resíduos da construção civil classe A, correspondem a 60% dos resíduos sólidos gerados no canteiro da obra, sendo eles os que apresentam o maior potencial para a realização da reciclagem.

2.3.3. Coleta e Disposição Final dos Resíduos da Construção Civil

As coletas de RCD em cidades de grande e médio porte são realizadas por coletores constituídos como empresas. Segundo SCHNEIDER e PHILIPPI JUNIOR (2004), o transportador privado é, provavelmente, um dos principais agentes causadores da disposição irregular dos RCD. Para os autores, o transportador que deposita irregularmente os RCD em vias e logradouros públicos próximos da região de geração, minimiza seus custos de transporte e evita custos de disposição regular, transferindo-os à sociedade. Dessa forma, o transportador pode oferecer seu serviço por um preço menor que o praticado pelo transportador que dispõe o resíduo em áreas licenciadas.

Na cidade de Curitiba/PR, a coleta do RCD é realizada por empresas particulares que operam com veículos dotados de poliguindaste e caçambas estacionárias. Estas caçambas possuem volumes que variam de 3 a 5 m³, dependendo da necessidade de cada obra, e carga típica variando de 3,6 a 5 t por viagem. Com o objetivo de obter um controle em relação à origem e destinação final dos RCD no Município de Curitiba, em função do Decreto N° 1.068/04, a Prefeitura Municipal exige das empresas cadastradas o encaminhamento mensal do Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR à Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SMMA). Com este documento, a SMMA espera identificar áreas que vem sendo utilizadas como bota-foras e também estimar a quantidade de resíduo gerada mensalmente no Município.

SOUZA (2005) desenvolveu um trabalho no Município de Curitiba/PR com o objetivo de levantar as empresas, atuantes na área de coleta e disposição de RCD, que se encontravam cadastradas na SMMA e estavam operando de acordo com as exigências legais da Prefeitura Municipal. Foi constatado que das 135 empresas cadastradas na SMMA, 81 continuavam operando com o transporte de resíduos da construção. Dessas, apenas 15 estavam entregando o MTR mensalmente de acordo com as exigências legais.

Com o surgimento da Resolução CONAMA N° 307/02, passou a ser proibido o encaminhamento dos resíduos da construção civil para aterros sanitários comuns, pois os mesmos contribuem diretamente para o esgotamento dessas áreas que são escassas. Com isso, aumenta a preocupação referente às deposições irregulares deste tipo de resíduo.

Uma das maiores preocupações referentes à geração descontrolada de RCC é a disposição irregular. São consideradas disposições irregulares os despejos clandestinos em vias e logradouros públicos, terrenos baldios e fundos de vales. Tais despejos são responsáveis pelo surgimento de bota-foras irregulares que acabam se transformando em lixões (DEGANI, 2003).

Segundo PINTO (1999), as disposições irregulares dos RCD podem causar os seguintes impactos ao meio ambiente:

- comprometimento da qualidade do ambiente e da paisagem local;
- comprometimento da drenagem superficial com a obstrução de córregos e consequentemente o surgimento de enchentes;
- aumento da disposição de outros tipos de resíduos sólidos, para os quais também não são oferecidas soluções aos geradores, que contribuem com a deterioração das condições ambientais locais;
- criação de um ambiente propício para a proliferação de vetores prejudiciais às condições de saneamento e à saúde humana;

Os resíduos da construção civil devem ser dispostos em aterros construídos especificamente para Resíduos Sólidos da Construção Civil, de acordo com a NBR 15.113/04. Pelo fato de não serem responsáveis pelos serviços de coleta e destinação desses resíduos, a maioria das administrações públicas brasileiras não possuem aterro para resíduos da construção civil.

2.4. A INTERFACE ENTRE O MEIO AMBIENTE E O SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por muito tempo, o desenvolvimento tecnológico foi o objetivo prioritário da maioria dos países, que associavam o desenvolvimento da nação ao poder, fazendo, com que, outros aspectos fossem relegados a segundo plano, entre eles o meio ambiente. Como consequência, a degradação ambiental ocorreu de diversas formas, sem que providências para evitá-la, ou minimizá-la, fossem tomadas.

A cadeia produtiva da construção civil apresenta impactos ambientais significativos em todas as etapas do seu processo, desde a extração de matérias-primas, produção de materiais, execução da obra, uso e, futuramente, no processo de demolição. O esgotamento dos recursos naturais e a poluição, através da geração de resíduos, podem ser considerados como os impactos ambientais mais significativos e com consequências mais nocivas ao meio ambiente (CEF, 2001).

Segundo FURTADO (2005), a construção civil contribui com uma grande parcela da deterioração ambiental nos países desenvolvidos, pois o setor utiliza, no ponto de vista global, aproximadamente 30% das matérias-primas, 42% do consumo de energia, 25% do uso de água e 16% do uso de terra. Em relação à degradação ambiental, a construção civil é responsável por 40% das emissões atmosféricas, 20% dos efluentes líquidos, 25% dos sólidos e 13% de outras liberações.

2.4.1. Impactos Ambientais pelo Consumo de Recursos Naturais

O setor da construção civil consome grandes quantidades de matérias-primas não-renováveis. Entre as matérias-primas utilizadas nas obras brasileiras pode-se citar a areia, o cimento Portland, a pedra britada, o aço e a madeira (DEGANI, 2003). Segundo JOHN (2000), o consumo de recursos naturais na construção civil, em uma determinada região depende da taxa de resíduos gerada, da vida útil ou taxa de reposição das estruturas construídas, das necessidades de manutenção, inclusive as manutenções que visem corrigir falhas construtivas; das perdas incorporadas aos edifícios e da tecnologia empregada.

De acordo com SJÖSTRÖM⁶ citado por ARAUJO (2002), o consumo de matérias-primas naturais na construção é algo entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. No estudo desenvolvido por JOHN (2000), é possível verificar a variação em relação à quantidade de recursos naturais consumidos pela indústria da construção. No Japão, por exemplo, foi estimado um consumo de 50% dos recursos naturais extraídos para o setor da construção civil e nos Estados Unidos o consumo anual de recursos naturais chega a 75% dos materiais consumidos na economia norte-americana.

Entre os recursos naturais consumidos pela indústria da construção, se destaca o caso da madeira. Estima-se que entre 26 e 50% da madeira extraída no mundo seja consumida como material de construção e 50% seja utilizada como combustível. Apesar da madeira ser um dos poucos recursos renováveis consumidos na construção civil, a maior parte de sua extração é feita de maneira não-sustentável (JOHN, 2000).

De acordo com relatório desenvolvido pela Comissão Européia, "Construction and Demolition Waste Management Practices, and their Economic Impacts", no ano

⁶ SJÖSTRÖM, C. **Durability of building materials and components**. In: CIB Symposium on Construction and Environment. Construction and Environment: from theory into practice. São Paulo, 2000.

de 1999, os principais impactos ao meio ambiente causados pela extração de recursos naturais foram:

- poluição sonora;
- poluição atmosférica;
- poluição visual;
- possibilidade de poluição do solo e das águas subterrâneas através dos combustíveis e lubrificantes utilizados nas máquinas de extração;
- alteração da fauna e da flora do entorno;
- escassez e extinção das fontes de jazidas de recursos naturais;

Alguns dos impactos citados pelo relatório europeu afetam diretamente o meio ambiente e, em alguns casos, dependendo da presença de população nas proximidades da área, podem afetar também a qualidade de vida.

2.4.2. Impactos Ambientais em função da Geração de Resíduos

Os resíduos gerados decorrentes das atividades da construção civil podem comprometer o meio ambiente em duas etapas: na geração e na disposição final. Os impactos causados pela disposição irregular dos RCD estão descritos na seção 2.3.3. No canteiro da obra, a poluição ocorre, principalmente, devido ao mal gerenciamento dos resíduos (ARAUJO, 2002).

Alguns dos impactos ambientais que os RCD, quando mal gerenciados, podem causar: (a) emissão de material particulado na atmosfera, considerada pela CETESB (1999), como um grande contribuinte para a poluição do ar na cidade de São Paulo/SP; (b) assoreamento de rios, lagos e canaletas de drenagem de águas superficiais; (c) contaminação de outros resíduos na área de armazenamento temporário. Os dados apresentados demonstram a necessidade de se buscar alternativas de ações que busquem reduzir os impactos ambientais causados pelo setor da construção civil.

2.4.3. Soluções para Redução dos Impactos Ambientais

Segundo JOHN (2000), o atual modelo de desenvolvimento, baseado na extração maciça de recursos naturais e na geração de resíduos não é sustentável no longo prazo. Em substituição a este modelo, deve-se buscar a utilização do modelo de desenvolvimento sustentável, para evitar que o setor da construção civil seja considerado como um grande contribuinte da contaminação ambiental.

Para atingir um modelo de desenvolvimento sustentável é necessária a aplicação de critérios de gestão de resíduos nos canteiros de obras, nas quais sejam aplicadas técnicas para a redução da geração, reutilização e reciclagem dos resíduos (WALKER e DOHMANN, 1996; THORMARK, 2001; ANGULO *et al.*, 2002; SOUZA *et al.*, 2004).

THORMARK (2001) considera a reciclagem dos RCD como uma solução para a conservação dos recursos naturais não-renováveis extraídos pelo setor da construção civil. A substituição de agregados como a areia e a brita, por materiais reciclados, têm sido estudadas e aplicadas para atender às necessidades da indústria da construção (POON, 1997; JOHN, 2000; HUANG *et al.*, 2002).

A preservação dos recursos naturais, substituídos por materiais reciclados, prolonga a vida útil das reservas naturais e reduz a destruição da fauna, flora e da paisagem. Esta contribuição é importante mesmo nos casos em que os recursos naturais são abundantes, como é o caso do calcário e da argila (EPA, 1998).

2.5. GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A necessidade da preservação ambiental, juntamente com a preocupação em relação à conservação dos recursos naturais, introduziu o setor da construção civil nas discussões referentes aos desafios ambientais do século XXI (THORMARK, 2001; SOUZA, 2004).

O Estatuto das Cidades, Lei Federal N° 10.257 de 10/06/2001, determinou novas e importantes diretrizes para que o desenvolvimento sustentável fosse

aplicado aos Municípios, a partir de políticas setoriais. Uma das políticas setoriais que pode ser destacada é a que trata da gestão dos resíduos sólidos (CEF, 2005).

De acordo com PINTO (1999), a elevada geração de resíduos e os inúmeros impactos causados nas áreas urbanas são fatores que apontam para a necessidade da introdução de programas de gestão dos resíduos da construção civil nos municípios brasileiros.

Os principais objetivos da gestão de resíduos, de acordo com a Resolução CONAMA N° 307/02, são: 1 – destinação adequada dos grandes volumes; 2 – preservação e controle das opções de aterros; 3 – disposição facilitada de grandes volumes; 4 – melhoria da limpeza e da paisagem urbana; 5 – preservação ambiental; 6 – incentivo às parcerias; 7 – incentivo à presença de novos agentes de limpeza; 8 – incentivo à redução de resíduos na fonte; 9 – redução dos custos municipais;

A Resolução CONAMA N° 307/02 define que a gestão dos municípios deve ser realizada através de políticas estruturadas e dimensionadas a partir de cada realidade local. Essas políticas devem assumir a forma de um Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (CEF, 2005). Neste plano deverão estar incorporados:

- o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), que deverá apresentar diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e transportadores;
- os Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que deverão orientar, disciplinar e expressar o compromisso de ação correta por parte dos grandes geradores de resíduos, tanto públicos quanto privados.

Em relação aos PGRCC, eles deverão ser compostos, no mínimo, pelos seguintes tópicos:

1. Caracterização, no qual os resíduos deverão ser identificados e quantificados na obra;

2. Triagem, na qual os resíduos deverão ser separados, conforme as classes estabelecidas no artigo 3º da Resolução CONAMA N° 307/02, pelo gerador, preferencialmente na origem, ou então em áreas de destinação licenciadas para essa finalidade;
3. Acondicionamento, para o qual o gerador deverá garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos, a condição de reutilização e reciclagem;
4. Transporte, que deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
5. Destinação, que deverá ser feita conforme as classes a que pertencem os resíduos.

Particularmente no Brasil, segundo COSTA (2003), alguns municípios têm adotado modelos de gerenciamento de resíduos, baseados no modelo de gestão diferenciada proposto por PINTO (1999), o qual sugere:

- captação máxima dos resíduos gerados, por meio da definição de redes de áreas de atração diferenciadas para pequenos e grandes geradores;
- reciclagem dos resíduos captados em áreas especialmente definidas para esta finalidade;
- alteração de procedimentos e culturas referentes à: intensidade de geração, melhoria das práticas de coleta e disposição;
- promoção do uso dos produtos reciclados.

Ainda, de acordo com PINTO (1999), a gestão diferenciada deve buscar o aprimoramento de mecanismos reguladores e econômicos, que responsabilizem os geradores e que estimulem ações ambientavelmente sustentáveis.

2.5.1. Gerenciamento dos RCC

O gerenciamento dos resíduos da construção civil refere-se à aplicação do programa de gerenciamento nos canteiros de obras, ou seja, na fonte de geração dos resíduos. O gerenciamento de resíduos deve obedecer uma hierarquia que vai desde a não-geração até a disposição final, conforme apresentado na Figura 2.1 (CWM, 2004).

FIGURA 2.1 – HIERARQUIA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS



Como pode ser observado, no ponto mais alto da hierarquia encontra-se a prevenção da geração de resíduos. A não-geração de resíduos nas atividades da construção civil é o objetivo principal da aplicação do gerenciamento, no entanto, a eliminação completa dos resíduos é difícil. Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas, que visem a minimização da geração de resíduos no canteiro da obra, se torna muito importante para a operacionalização dos programas de gerenciamento (POON *et al.*, 2001; ARAUJO, 2002; CWM, 2005).

Por outro lado, existindo a geração, como primeira alternativa para a abordagem do problema, deveriam ser definidas técnicas para a reutilização e, posteriormente, para reciclagem dos resíduos. Todavia, estas alternativas não

devem estar desvinculadas da possibilidade de danos ao meio ambiente (THORMARK, 2001; ANGULO *et al.*, 2003a).

Quando o desenvolvimento de técnicas de reutilização e reciclagem não puder ser viabilizado, a disposição final do resíduo é a última alternativa disponível. Entretanto, quando não executada conforme as normas e/ou legislação pertinentes, pode estar relacionada à geração de passivo ambiental (CONAMA, 2002).

O fato da indústria da construção civil gerar impactos ambientais em toda a sua cadeia produtiva, somada à necessidade de reduzir os impactos como consequência das pressões por parte das administrações municipais, tem contribuído para a conscientização dos agentes envolvidos com o setor em relação à utilização de técnicas que introduzam o gerenciamento de resíduos nos canteiros de obra (CEF, 2005; CUNHA JUNIOR, 2005).

A proibição do encaminhamento dos RCC a aterros sanitários comuns é outro aspecto que estimula as práticas de gerenciamento dos resíduos nos canteiros de obras, pois a grande maioria das estratégias de gerenciamento enfatiza a necessidade de minimizar a sua geração, o que reduz a quantidade de resíduos gerados nos processos de construção (CONAMA, 2002; COSTA, 2003; LEE, 2005).

Dentre os benefícios proporcionados pelas práticas de gerenciamento de resíduos em canteiros de obra estão a redução dos impactos ambientais, a redução da geração de resíduos, a organização do canteiro de obra, a triagem dos resíduos gerados impedindo sua mistura com insumos e o reaproveitamento, quantificação dos resíduos, entre outros (SINDUSCON-SP, 2005).

Visando o cumprimento dos critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº.307/02, o gerenciamento dos RCC é uma prática que começa a ser utilizada em maior escala no Brasil. Várias cartilhas têm sido produzidas com a finalidade de auxiliar os empreendedores do setor a gerenciar os resíduos produzidos. Apesar das obras apresentarem características diferentes em relação aos materiais e métodos construtivos, tanto no Brasil como no exterior, a maior parte das cartilhas se

preocupa em orientar os construtores em relação à diminuição do volume de RCC produzidos diariamente, através do Gerenciamento dos RCC no canteiro de obra. Nota-se também que as cartilhas foram elaboradas para auxiliar os envolvidos, construtoras e municípios, no atendimento das exigências legais através da elaboração dos planos de gerenciamento dos RCC (WAMBUCO, 2002; GREENWOOD, 2004; CEF, 2005; CUNHA JUNIOR, 2005; SINDUSCON-DF, 2005; SINDUSCON-SP, 2005).

2.5.2. Exemplos de Gerenciamento de RCC

Os resíduos gerados nas atividades de construção civil tornaram-se um dos grandes problemas nas grandes cidades, devido à grande quantidade de resíduos gerados nos processos de construção e demolição (ANGULO *et al.*, 2003a; LEE, 2005).

Algumas experiências nacionais e internacionais têm mostrado que a implementação de um sistema de gerenciamento de RCC em canteiros de obras pode representar sucesso. Uma delas é a do Sinduscon-SP, Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo. Neste caso, foi implementada uma metodologia para o gerenciamento dos resíduos em canteiros de obras de 11 construtoras, com o objetivo de reduzir os desperdícios e identificar técnicas de reciclagem e de disposição final adequadas. Os resultados foram relativamente satisfatórios, pois houve redução nos custos de coleta, na geração de resíduos e nos riscos de acidentes de trabalho, além disso, os resíduos passaram a ser reaproveitados no próprio canteiro, que passou a ser mais limpo e mais organizado (SINDUSCON-SP, 2005).

Assim como no Estado de São Paulo, no Distrito Federal foi desenvolvido um Programa de Gestão de Materiais em parceria entre a Universidade de Brasília, o Sinduscon-DF e outros colaboradores, e aplicado em algumas obras de construtoras de Goiânia. Este Programa teve como objetivo a melhoria da qualidade

do setor da construção civil e a minimização dos impactos ao meio ambiente, causados por estas atividades. Entre os resultados obtidos por este projeto, podem ser citados a redução do número de caçambas retiradas do canteiro de obra, a melhoria na organização e limpeza da obra, o aumento da contribuição com a gestão ambiental das empresas construtoras e da educação ambiental dos empregados (SINDUSCON-DF, 2005).

Outra experiência nacional, que pode ser destacada, é a do Município de Belo Horizonte/MG que, em parceria com o Sinduscon-MG, desenvolveu uma cartilha para a implantação do Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil visando atender as especificações da Resolução CONAMA N° 307/02. A vantagem deste programa é que, no Município de Belo Horizonte, foi implantado um Programa de Reciclagem de Entulho, gerenciado pela própria Prefeitura, que conta com duas estações de reciclagem de entulhos. Segundo dados do Departamento de Limpeza Pública de Belo Horizonte, estima-se que cerca de 40% dos resíduos gerados diariamente no Município sejam de RCC. As duas estações de reciclagem separam cerca de 25% do entulho coletado. Para a implantação deste programa, o incentivo para a reciclagem dos RCC partiu da própria Prefeitura Municipal, que tem utilizado o material reciclado em obras de manutenção de instalações de apoio à limpeza urbana, em obras de vias públicas e, também, em obras de infra-estrutura em favelas. Outro modelo presente na cartilha desenvolvida é a Produção Mais Limpa. Este programa visa a não geração, a minimização e a reciclagem dos resíduos, assim como a diminuição dos impactos ambientais causados pelas atividades da construção civil (BELO HORIZONTE, 2005).

Portanto, a estratégia de minimização de resíduos deve ter como prioridade a redução da geração do resíduo na fonte e o seu reaproveitamento ou reciclagem posterior. A introdução de procedimentos na produção, com o objetivo de obter a melhoria contínua, é uma maneira de solucionar alguns dos problemas relacionados

à geração de resíduos desnecessários. Além disso, alguns cuidados básicos no canteiro da obra também podem contribuir diretamente com a minimização dos resíduos, sem alterar o processo produtivo (GREENWOOD, 2004; SOUZA *et al.*, 2004). No Brasil, a criação e a implantação de programas de qualidade para o setor da construção civil, como o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), também tem colaborado com a minimização de resíduos da construção civil, através de exigências de responsabilidades ambientais em relação à sua destinação final (AMBROZEWICZ, 2001).

Entre os cuidados que podem contribuir para a minimização dos resíduos pode ser citado o treinamento da equipe de funcionários, os quais devem ser orientados sobre os cuidados no manuseio dos materiais e, também, sobre a maneira correta de segregar os resíduos produzidos, com a finalidade de posterior reaproveitamento através da implantação de um programa de reciclagem (GREENWOOD, 2004). Para estimular a equipe a contribuir com o gerenciamento dos RCC, uma alternativa, por exemplo, pode ser o oferecimento de benefícios financeiros, conforme seja o retorno representado pelo volume de resíduos gerados. Esta prática, na qual o empreendedor oferece benefícios financeiros aos funcionários em troca de colaboração para a operacionalização do sistema de gerenciamento de resíduos, é utilizada com sucesso pela Construtora Hestia, em Curitiba/PR. Neste caso, todo recurso financeiro proveniente da venda de materiais recicláveis é repassado aos funcionários que, desta forma, são estimulados a separar os resíduos da maneira correta (Volmir Selig, Construtora Hestia, contato pessoal, 2005).

Visando atender as exigências legais, o Município de Curitiba começa a dar os primeiros passos em relação ao gerenciamento dos RCC. No final de 2004 foi elaborada uma cartilha, que estabelece o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), conforme especificações da Resolução CONAMA N ° 307/02 (CURITIBA, 2004). Atualmente o Município, juntamente com a

Universidade Federal do Paraná, está desenvolvendo um trabalho no sentido de diagnosticar as disposições irregulares de RCC e, também, identificar tecnologias de reutilização e reciclagem dos resíduos. Também está sendo avaliada a implantação de uma Usina de Reciclagem de Entulho, a ser instalada em área licenciada pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente - SMMA e operada por empresas filiadas ao Sindicato das Empresas Transportadoras de Resíduos da Construção Civil. Outra iniciativa tomada pelo Município foi o cadastramento de todas as empresas transportadoras e a exigência da entrega dos Manifestos de Transporte de Resíduos (MTR) ao final de cada serviço executado. Desta forma, a SMMA pretende ter um melhor controle da destinação final dos resíduos e agilizar a identificação de áreas de deposição irregulares.

Na Europa, assim como no Brasil, a disposição de RCC em aterros sanitários é proibida, devido ao grande volume de geração destes resíduos, porém, a prática de gerenciamento e minimização de resíduos tem sido aplicada há mais tempo. Estima-se que, na União Européia, a geração *per capita* de RCC seja de 480 kg/hab.ano, enquanto no Brasil esse valor, segundo PINTO (1999), é de aproximadamente 510 kg/hab.ano. Um diferencial entre o Brasil e a Europa é a aceitação, por parte de construtores, dos produtos provenientes de processos de reciclagem (EC, 2005).

No Reino Unido, onde se estima sejam produzidos 70 milhões de toneladas de RCC por ano, também foi desenvolvido um projeto de minimização de resíduos de construção em canteiros de obras. Seu objetivo foi promover a conscientização dos pequenos e médios construtores em relação às questões ambientais, às boas práticas e à utilização de técnicas de reutilização e reciclagem de materiais. O projeto foi implantado em 10 canteiros de obra no País de Gales. Como resultado, pode-se observar que a geração de resíduos estava diretamente relacionada às etapas da construção e, também, aos métodos construtivos utilizados no desenvolvimento da obra. Entretanto, as maiores causas da geração foram o

armazenamento e o manuseio de materiais de forma inadequada, a inexistência de técnicas de reutilização e reciclagem no canteiro da obra, serviços executados de forma inadequada, que exigiam a sua repetição e, também, a desorganização do canteiro. Outro ponto importante, conseqüente da implantação desse projeto, foi a observação dos impactos que a geração descontrolada de resíduos acarreta na economia, nas áreas social, ambiental e institucional (GREENWOOD, 2005).

LAQUATRA e PIERCE (2004) desenvolveram uma pesquisa na qual realizaram o gerenciamento da geração de resíduos da construção civil em uma residência no interior do Estado de Nova Iorque/EUA. O objetivo desta pesquisa foi quantificar, em peso e volume, os resíduos gerados durante o processo construtivo, investigar alternativas de disposição final para cada resíduo e desenvolver um programa educacional para os construtores baseado nos resultados alcançados pela pesquisa. De acordo com o estudo, é necessário que a indústria da construção civil comece a dar uma maior importância à redução dos resíduos nos canteiros de obra. Os aspectos ambientais relacionados à geração de resíduos também devem ser levados em consideração, pois é um fator de grande importância e envolve toda a sociedade.

Considerando-se os exemplos de gerenciamento citados anteriormente, é possível afirmar que as partes envolvidas com a indústria da construção civil devem considerar todos os fatores que envolvem o processo construtivo para que soluções sejam encontradas e aplicadas de forma a minimizar a geração dos RCC.

2.6. REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os resíduos gerados nas atividades de construção civil tornaram-se um dos grandes problemas nas grandes cidades, devido ao seu elevado volume de geração. Como forma de solucionar este problema é necessário que as indústrias do setor introduzam políticas de valorização dos resíduos, ou seja, estimulem o seu

reaproveitamento dentro do canteiro de obra (PINTO, 1999; LAQUATRA e PIERCE, 2004; LEE, 2005).

Os resíduos de construção podem ser reaproveitados sobre duas formas: reutilização e reciclagem. Segundo MOTA (2000), a definição para ambas as formas pode ser definida como:

- Reutilização, quando o resíduo é reutilizado sem qualquer modificação física, alterando ou não, o seu uso original;
- Reciclagem, quando o resíduo é processado e utilizado como matéria-prima na manufatura de bens, feita anteriormente apenas com matéria-prima virgem.

A possibilidade de reutilização dos resíduos deve ser analisada antes da adoção de qualquer prática de reciclagem, pois, na reutilização, o resíduo não tem sua composição alterada. O processo de reciclagem, como qualquer atividade humana, pode causar impactos ao meio ambiente, portanto, é necessário que sua escolha seja criteriosa e considere todas as alternativas possíveis com relação ao consumo de energia e matéria-prima (ANGULO *et al.*, 2002; CWM, 2004).

De maneira geral, é necessário minimizar a quantidade de resíduos gerados e maximizar a quantidade de material reutilizado e reciclado. As vantagens do reaproveitamento dos resíduos são muitas, inclusive a principal delas, segundo JOHN (2000), é a preservação dos recursos naturais, que são substituídos pelos resíduos, prolongando assim a vida útil das reservas naturais. Sobre este assunto, THORMARK (2001) define que a conservação dos recursos naturais é a quantidade de material substituída por produtos reciclados.

Como forma de incentivar o reaproveitamento dos resíduos, alguns países adotaram políticas específicas visando criar condições para que a prática torne-se comum. Na Dinamarca, de acordo com WAMBUCO (2002), os impostos de resíduos tornaram-se um instrumento muito eficaz no aumento da reciclagem dos RCC. Em 1990, as taxas de reciclagem que eram de 20%, passaram para 92% atualmente, o

que representa uma das taxas mais elevadas de reciclagem da Europa. Segundo THORMARK (2001), na Suécia, leis têm sido introduzidas para promover o aumento das práticas de reciclagem no país. O aumento de taxas para a extração de recursos naturais e a proibição do encaminhamento dos RCC a aterros sanitários são algumas delas.

Nos Estados Unidos, o governo federal, através de uma política nacional para a compra de produtos e serviços ambientalmente corretos, incentiva a utilização de produtos que contenham resíduos em sua composição, ou então, que previnam a sua geração (JOHN, 2000). No Estado da Califórnia, em 2005, o governo aprovou uma Lei que visa a conservação e a proteção dos recursos naturais através do incentivo à reciclagem dos resíduos da construção civil. A Lei prevê a comercialização destes materiais reciclados na forma de concreto e também de asfalto, com a ressalva que o consumidor destes produtos seja informado que o material adquirido foi fabricado a partir de materiais reciclados. Na Inglaterra, o governo propôs uma estratégia de gerenciamento sustentável de resíduos, “Making Waste Work”, com os seguintes objetivos: (a) fazer o melhor uso do lixo que nossa sociedade produz; (b) reduzir a quantidade de resíduos e (c) reduzir o risco de poluição imediata ou futura pela deposição dos resíduos (DEBAI citado por JOHN, 2000; MALVIN, 2005).

No Brasil, a partir de 2002, tem se observado importantes mudanças nas políticas públicas, assim como a produção de diversas normas e especificações técnicas, voltadas ao equacionamento dos problemas provocados pelos RCC (SCHNEIDER e PHILIPPI JUNIOR, 2004). Além disso, diversos estudos têm sido desenvolvidos para viabilizar o uso de materiais reciclados como agregados na indústria da construção civil (SOUZA *et al.*, 1998; JOHN, 2000; ANGULO *et al.*, 2003b).

Uma das formas de se viabilizar o reaproveitamento de resíduos é a implantação de práticas de coleta seletiva no canteiro de obra. Segundo LAQUATRA

e PIERCE (2004), 80% dos resíduos gerados no canteiro de obra têm potencial para serem reciclados, porém, vários obstáculos impedem que esse potencial seja aproveitado, entre eles está o incorreto manejo dos resíduos na sua fonte de geração. No Brasil, estima-se que aproximadamente 90% dos RCC gerados sejam de interesse para reciclagem como agregados para a construção civil, porém, apenas uma pequena parcela é de fato reciclada (ANGULO *et al.*, 2003b).

2.6.1. Reutilização dos RCC

De maneira geral, para que os objetivos da gestão de resíduos sejam alcançados, é necessária a aplicação de técnicas de reutilização no canteiro de obra. Entre os diversos materiais utilizados nas obras de construção civil passíveis de reutilização, a madeira se destaca por apresentar um grande potencial de reaproveitamento.

A madeira pode ser utilizada de diversas formas na construção, podendo fazer parte da própria edificação (janelas, portas), como também ser utilizada como material de apoio (pallets, formas para estruturas). Em obras de nova construção, as madeiras com possibilidades de reutilização são aquelas usadas como material de apoio. De acordo com WAMBUCO (2002), em aplicações como pallets e fôrmas para estruturas, a madeira pode ser utilizada de três a quatro vezes, sem comprometer a sua utilização. Quando não for possível a reutilização da madeira dentro do canteiro de obra, o material pode ser utilizado como combustível para produção energética em fornos de olarias que produzem material cerâmico.

Outro material passível de reutilização em canteiros de obra é o tijolo. Segundo WAMBUCO (2002), os tijolos que eventualmente forem quebrados durante o processo construtivo, devem ser britados para que, posteriormente, venham a ser reutilizados como base e sub-base de aterros e pavimentos. Por fim, a argamassa é outro material que pode ser reutilizado. Quando o resíduo coletado da obra puder ser peneirado, obtêm-se uma mistura de argamassa e areia. Esse material pode ser

utilizado no processo de fabricação de reboco e outros, substituindo os agregados naturais.

As técnicas de reutilização, apesar de simples, contribuem diretamente para a redução dos resíduos que seriam dispostos em aterros de RCC, assim como, com a preservação do meio ambiente, através da conservação dos recursos naturais.

2.6.2. Reciclagem dos RCC

De forma geral, os materiais reciclados provenientes de RCC podem ser aplicados em diversos produtos. Alguns autores apresentam algumas dessas aplicações de materiais reciclados (LIMA, 1999; PINTO, 1999; ANGULO *et al.*, 2003b; COSTA, 2003):

- concreto não armado de baixo consumo;
- argamassa de assentamento;
- fabricação de pré-moldados de concreto;
- blocos;
- meios-fios.

Por muito tempo, o mercado de materiais reciclados esteve restrito ao setor de pavimentação, no qual os produtos eram utilizados em camadas de base e sub-base. Porém, de acordo com ANGULO *et al.* (2003a), os dados nacionais demonstram que o setor é incapaz de consumir integralmente os RCC reciclados como base e sub-base de pavimentação. Dessa forma, os estudos desenvolvidos para a utilização de RCC reciclados para outras finalidades ganham importância para que o setor da construção civil nacional possa atingir o desenvolvimento sustentável.

Um exemplo de que o setor da construção civil pode ser auto sustentável ocorre na Holanda. Com o avanço das indústrias de agregados de RCC, estima-se que o país possa vir a atingir uma capacidade de produção de agregados reciclados

de forma a substituir os agregados convencionais, preservando assim recursos naturais como a areia e a brita (EC, 2005).

O uso de agregados de RCC na produção de concretos é uma opção para que o setor da construção civil consuma os materiais reciclados a partir de suas atividades. De forma simplificada, os agregados de RCC reciclados substituiriam os agregados convencionais na produção do concreto. De acordo com LEVY (2002), os agregados reciclados poderiam substituir até 20% dos agregados convencionais, desde que isentos de contaminantes e impurezas, sem afetar o comportamento do concreto do ponto de vista de resistência mecânica e durabilidade.

A partir de 2004, passaram a vigorar no território nacional, duas normas técnicas referentes à reciclagem de resíduos da construção civil. A NBR 15.115/04 que se refere ao uso de agregados reciclados na execução de camadas de pavimentação e a NBR 15.116/04 que aborda a utilização de agregados reciclados de RCC em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural (ABNT, 2004d e 2004e).

AFFONSO (2005) propõe a aplicação dos agregados de RCC reciclados em diversas áreas da engenharia. Segundo o autor, as aplicações atuais para o produto, embora importantes, não deverão, a curto prazo, esgotar totalmente a produção dos RCC gerados nas cidades. Algumas das aplicações propostas são:

- camadas drenantes em aterros de resíduos sólidos;
- elementos de filtros de fossas sépticas;
- elementos de dreno em trincheiras e valas;
- elemento substitutivo em estacas de brita para acelerar recalques e melhorar a capacidade de carga em depósitos de solos moles;
- elemento de valas subterrâneas para irrigação, eliminando-se a evaporação dos canais a céu aberto;
- elemento de base filtrante em estações de tratamento de água e esgoto.

Portanto, a reciclagem dos RCC é uma forma de transformar um resíduo em um recurso. Segundo WILBURG e GOONAN citado por COSTA (2003), a reciclagem dos RCC tem o potencial de aumentar a vida útil dos recursos naturais, através do fornecimento paralelo de material reciclado; reduzir os impactos ambientais; e garantir a sustentabilidade dos recursos naturais.

Tendo em vista os problemas relacionados à geração de resíduos da construção civil, esta dissertação, através do acompanhamento de duas obras no Município de Curitiba/PR, procurou abordar os principais aspectos referentes às questões ambientais do problema, através da adaptação e aplicação de uma metodologia de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, baseada na Resolução CONAMA N° 307/02 e a cartilha do SindusCon-SP, com o intuito de minimizar e reaproveitar os resíduos gerados durante o processo construtivo, em uma das obras do estudo de caso da pesquisa.

OBJETIVOS

Atualmente, iniciativas que estimulem a minimização de resíduos devem estar presentes em todas as atividades, independentemente do setor. O desenvolvimento de trabalhos relacionados à valorização dos resíduos, no setor da construção civil, mostra como a conscientização quanto à degradação do meio ambiente está presente no setor.

A realização deste trabalho visou alcançar os seguintes objetivos:

OBJETIVO GERAL

O presente estudo teve como foco principal aplicar uma metodologia de Gerenciamento de Resíduos na fonte de geração, no caso, o canteiro da obra, visando a definição de boas práticas e a identificação de técnicas de reaproveitamento dos resíduos gerados, de acordo com a Resolução CONAMA N° 307/02.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Para atingir o objetivo principal desta pesquisa, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- definir um plano de gerenciamento de resíduos para o canteiro da obra;
- acompanhar o desenvolvimento de duas obras no Município de Curitiba/PR, aplicando, em apenas uma delas, a metodologia de gerenciamento de resíduos da construção civil no canteiro da obra;
- definir e aplicar instrumentos de gerenciamento para a coleta seletiva de resíduos na obra;
- quantificar, classificar e enquadrar os resíduos gerados na obra de acordo com a resolução federal;

- definir boas práticas para a minimização de resíduos no canteiro de obra;
- identificar técnicas para reutilizar e reciclar os resíduos;
- investigar alternativas de disposição adequada para os resíduos gerados;
- comparar o volume de resíduos produzidos nas duas obras;
- avaliar a economia gerada na obra com a metodologia de gerenciamento de RCC em termos de custos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A definição da metodologia de trabalho desta pesquisa baseou-se na Resolução CONAMA N° 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece, aos geradores de resíduos da construção civil (RCC), a obrigatoriedade da definição e da adoção de planos de gerenciamento de resíduos nos canteiros de obra, bem como no Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, instituído pelo Município de Curitiba/PR, através do Decreto n° 1.068/04, com o objetivo de estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos para a Gestão de RCC.

De acordo com as diretrizes desta Resolução, as construtoras deveriam ter apresentado os planos de gerenciamento de resíduos à Prefeitura Municipal, a partir de janeiro de 2005, juntamente com o pedido de licenciamento da obra.

Neste contexto, a pesquisa foi realizada no Município de Curitiba/PR no período de junho de 2005 a junho de 2006, em duas obras com características opostas de gerenciamento.

Em uma das obras adotadas para o desenvolvimento do estudo foram aplicadas técnicas de gerenciamento de resíduos no canteiro da obra, seguindo as recomendações da Resolução CONAMA N° 307/02 e as especificações do Decreto Municipal n° 1.068/04. Na outra obra, não houve qualquer interferência em relação às técnicas construtivas e administrativas praticadas usualmente.

O desenvolvimento deste estudo foi realizado através da implantação de uma metodologia de pesquisa quantitativa, como forma de apontar o melhor aproveitamento de materiais no canteiro de obra, e as diferenças entre os volumes produzidos e descartados nas duas obras, objetivando destacar as vantagens proporcionadas pelas práticas de gerenciamento de resíduos.

3.1. DEFINIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para a realização deste estudo, foi definido que as obras deveriam ser de médio porte, utilizar alvenaria convencional (tijolos) como método construtivo e

possuir um cronograma bem definido para que não houvesse interferência no cronograma da pesquisa.

A unidade à qual foi aplicado o gerenciamento dos RCC, em conformidade com a Resolução CONAMA N° 307/02, foi denominada “Obra 1” e a unidade na qual não houve interferência da pesquisa nas atividades operacionais no canteiro da obra foi denominada “Obra 2”.

O Quadro 3.1 apresenta uma comparação entre as duas obras definidas para o estudo de caso. Um detalhamento mais específico das obras será realizado a seguir, nos tópicos 3.1.1 e 3.1.2.

QUADRO 3.1 – DADOS RELATIVOS ÀS DUAS OBRAS ADOTADAS PARA O ESTUDO DE CASO DA PESQUISA

CARACTERÍSTICAS	OBRA 1	OBRA 2
Tipo de construção	Sobrados residenciais	Sobrados residenciais
Processo construtivo	Alvenaria convencional	Alvenaria convencional
Número de sobrados	2	3
Área construída	105 m ² /unidade	203 m ² /unidade

3.1.1 OBRA 1 – com aplicação do gerenciamento de resíduos

A construtora responsável pela execução desta obra é certificada pela qualidade da construção, de acordo com o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), portanto, é do seu interesse que os procedimentos construtivos estejam de acordo, tanto em relação à certificação PBQP-H quanto à legislação em vigor.

A Obra 1, situada na Avenida Salgado Filho, n° 4.390, no bairro do Uberaba, apresentava um canteiro de obra composto por 22 sobrados. A metodologia da pesquisa foi aplicada em apenas dois sobrados, que foram acompanhados desde a fundação até o acabamento, em virtude do cronograma de atividades e facilidade

para realizar o monitoramento e acompanhamento da geração dos resíduos (FIGURA 3.1).

FIGURA 3.1 – FASE INICIAL DA CONSTRUÇÃO DOS DOIS SOBRADOS DA OBRA 1



O cronograma de atividades da construção dos sobrados estava prevista para ocorrer em etapas, ou seja, em diferentes épocas do ano. O início das atividades dos dois sobrados escolhidos ocorreu no mês de agosto de 2005 e encerrou no mês de maio de 2006.

3.1.2. OBRA 2

A definição da segunda obra a ser utilizada como estudo de caso foi aleatória, pois não envolveria qualquer interferência nas atividades normais realizadas no canteiro da obra. Esta opção foi adotada para que as diferenças na administração das etapas de construção pudessem ser observadas e comparadas à outra obra com a concepção de gerenciamento aplicada.

No processo de definição da Obra 2, foram visitados alguns canteiros de obra que apresentavam as mesmas características construtivas da Obra 1, e que

poderiam ser utilizadas no estudo de caso, sendo a proposta de realização da pesquisa apresentada aos responsáveis.

A Obra 2, estava localizada na Rua Dr. Rubens M. Câmara, nº 53, no bairro Jardim Social, região que registra o maior PIB da cidade de Curitiba/PR (IPPUC, 2004). O canteiro da obra era composto por 3 sobrados, com área construída de 203 m²/unidade.

Assim como na Obra 1, o processo construtivo utilizado na construção dos sobrados foi a alvenaria convencional com a utilização de tijolos (FIGURA 3.2).

FIGURA 3.2 – VISTA DOS SOBRADOS DA OBRA 2



3.2 Gerenciamento da OBRA 1

A aplicação da metodologia do gerenciamento dos resíduos da construção civil implica no desenvolvimento de um conjunto de atividades no canteiro da obra. Seguindo um modelo proposto pelo SindusCon-SP (SINDUSCON-SP, 2005), a implantação da metodologia de gerenciamento foi dividida em 4 etapas, sendo elas: palestra inaugural, planejamento, implantação e monitoramento.

3.2.1. Palestra Inaugural

Esta palestra foi utilizada como instrumento para a apresentação da metodologia do trabalho de pesquisa para a equipe de funcionários da obra (FIGURA 3.3). O intuito principal foi conscientizar a equipe sobre os problemas que envolvem a geração dos resíduos da construção civil. Desta forma, foram apresentadas as políticas públicas envolvendo o setor da construção civil e, mais especificadamente, a gestão dos RCC.

Também foram apresentados os impactos ambientais causados pela ausência do gerenciamento de resíduos no canteiro de obra, assim como, as diretrizes que poderiam ser tomadas para evitar que tais impactos degradem o meio ambiente.

FIGURA 3.3 – EQUIPE DE TRABALHO REUNIDA NA PALESTRA INAUGURAL



Durante a apresentação também foram expostas as atividades que passariam a ser desenvolvidas durante o processo construtivo, para que todas as metas definidas para o projeto de pesquisa pudessem ser alcançadas. O material exposto à equipe de trabalho na palestra inaugural encontra-se no Anexo 1.

A participação do mestre de obras nesta etapa inicial da pesquisa foi de fundamental importância, isso porque desde o primeiro contato realizado junto à construtora, observou-se seu comprometimento em contribuir com a pesquisa e com o engajamento de toda equipe de trabalho.

Como parte da metodologia de trabalho, após a realização da palestra inaugural, outras reuniões foram realizadas durante o período de desenvolvimento da pesquisa, para a exposição dos resultados alcançados e das melhorias que poderiam ser implantadas.

3.2.2. Planejamento

A etapa de planejamento foi um dos fatores preponderantes para o desenvolvimento da pesquisa, pois foi nesta etapa que foram identificadas as necessidades e dificuldades para a implantação da metodologia no canteiro da obra.

A identificação da necessidade de construção de baias para a realização da coleta seletiva dos resíduos e da identificação das etapas do processo construtivo, assim como as possíveis alternativas de reaproveitamento dos resíduos gerados, fizeram parte desta etapa. A designação de tarefas para alguns funcionários, especialmente os responsáveis pela limpeza do canteiro, também fizeram parte desta etapa do trabalho.

Para instruir os funcionários responsáveis pela limpeza da obra sobre suas responsabilidades, foi realizada uma reunião para a exposição da classificação dos RCC, a importância da separação dos resíduos e também a necessidade de serem dispostos nas baias, somente os resíduos provenientes dos dois sobrados integrantes da pesquisa.

A implantação das baias no canteiro da obra, atende uma das recomendações especificadas pela Resolução CONAMA N° 307/02 no que se refere a triagem dos resíduos da construção civil. Além das baias, uma caçamba estacionária foi providenciada para armazenar, temporariamente, os resíduos não reaproveitáveis no canteiro da obra. Para todo o período da pesquisa, a caçamba estacionária esteve instalada no canteiro da obra, o que também foi um aspecto importante no planejamento.

De acordo com a legislação municipal de Curitiba/PR, Lei N° 9.380, de 30 de setembro de 1998, que dispõe sobre a normatização para o transporte de resíduos, o local ideal para estacionar a caçamba é no interior do canteiro da obra pois, desta forma, evitam-se transtornos aos transeuntes e ao trânsito e, também, evita que outros resíduos sejam descartados de maneira incorreta, ou seja, nas caçambas em que só deveriam ser dispostos os RCC (CURITIBA, 1998).

Outra etapa realizada durante o planejamento da implantação da metodologia na obra, foi a identificação das etapas do processo construtivo. A partir desta identificação é possível avaliar os processos onde ocorrem as perdas de materiais e, posteriormente, levantar possibilidades de minimizar a geração de resíduos.

Também, durante o planejamento, foram pesquisadas algumas alternativas para a realização da reutilização e da reciclagem dos resíduos coletados no próprio canteiro. A realização de coleta seletiva eficiente é o primeiro passo para que as aplicações de técnicas de reaproveitamento de resíduos possam ser implantadas com sucesso.

Em função da proposta deste trabalho, de avaliar todos os aspectos e impactos relacionados à geração de RCC, considerando também aqueles resíduos que não apresentassem possibilidade de reaproveitamento, o local de destinação final dos resíduos transportados também foi considerado.

3.2.3. Implantação

Na etapa de implantação, o primeiro passo foi providenciar a construção de baias para a realização da coleta seletiva e da disposição dos resíduos de forma temporária no canteiro da obra. As baias foram construídas em madeira, com o fundo impermeabilizado para proteger o solo de qualquer contaminação resultante dos resíduos dispostos (FIGURA 3.4).

FIGURA 3.4 – BAIAS CONSTRUÍDAS NO CANTEIRO DE OBRA



A divisão das baias foi realizada de modo a atender a classificação de resíduos definida pela Resolução CONAMA N° 307/02. Nesta Resolução, os resíduos da construção civil são divididos em 4 classes. Na metodologia da pesquisa, os resíduos classe A foram subdivididos em 3 sub-classes, enquanto os resíduos classe B foram subdivididos em mais 2 sub-classes. Ambas as divisões tiveram o intuito de facilitar um futuro reaproveitamento e/ou reciclagem dos resíduos gerados.

Desse modo, as baias construídas para a realização da coleta seletiva ficaram divididas em:

- Classe A1 – Calça e argamassa;
- Classe A2 – Concreto;
- Classe A3 – Resíduos cerâmicos (tijolos);

- Classe B1 – Plástico e papel;
- Classe B2 – Madeira;
- Classe C – Gesso;
- Classe D – Resíduos Perigosos (latas de tintas, solventes, entre outros).

Para facilitar a identificação das baias, foram anexados adesivos de sinalização nas suas partes frontais, com indicativos da classe e do tipo de resíduo a ser disposto. Esta alternativa foi adotada para evitar que a equipe responsável pela coleta seletiva dos resíduos da obra realizasse a separação de maneira incorreta. Para a coleta dos dados, nas baias foram dispostos apenas os resíduos provenientes dos dois sobrados.

A questão do gerenciamento dos resíduos da construção civil está diretamente ligada aos desperdícios de materiais que ocorrem nas etapas do processo construtivo. A não-geração e a conseqüente minimização da geração dos resíduos são aspectos fundamentais para que a metodologia de gerenciamento de resíduos seja consolidada. Dessa forma, durante a implantação da pesquisa procurou-se adotar técnicas que contribuíssem com essa questão do gerenciamento dos resíduos.

Com o reaproveitamento dos resíduos no canteiro de obra, é possível economizar de duas maneiras: a) através da substituição de materiais, que deveriam ser comprados, por materiais reaproveitados e b) pela redução do volume a ser disposto em aterros de RCC, o que reduz o custo da remoção do material.

3.2.4. Monitoramento

Na Obra 1, o monitoramento teve início em agosto de 2005, período que marcou o início dos trabalhos de fundação nos dois sobrados adotados como estudo de caso. Nesta etapa, foi acompanhada a execução de todas as etapas previstas para o desenvolvimento da obra, durante o processo construtivo, com a aplicação da metodologia de gerenciamento. O monitoramento da pesquisa foi encerrado ao

término da execução dos dois sobrados adotados para o desenvolvimento da pesquisa (FIGURA 3.5).

FIGURA 3.5 – SOBRADOS TERMINADOS – MAIO 2006



No período entre agosto de 2005 e maio de 2006, foram realizadas visitas semanais ao canteiro da obra, para identificar irregularidades que, eventualmente, estivessem prejudicando o bom desenvolvimento do gerenciamento e, também, para verificar o andamento das atividades que haviam sido especificadas à equipe de trabalho.

Entre os principais itens analisados durante as visitas estavam a separação e a disposição correta dos resíduos nas baias, além do armazenamento correto dos materiais a serem utilizados na obra.

Na etapa de monitoramento, os resíduos foram classificados, conforme Resolução CONAMA N° 307/02, e quantificados, além de terem sua disposição final definida. No caso de impossibilidade de reaproveitamento, os resíduos eram armazenados temporariamente no canteiro da obra, até que uma alternativa de disposição fosse viabilizada.

3.3. MONITORAMENTO DA OBRA 2

O acompanhamento das atividades na Obra 2 foi realizado a cada duas semanas, pois não houve qualquer interferência da pesquisa no desenvolvimento da obra. Durante as visitas foi realizado um levantamento fotográfico das condições da obra (organização, limpeza), assim como o acompanhamento da geração dos resíduos.

Os resíduos gerados no canteiro desta obra eram dispostos em caçamba estacionária, situada em área externa, sem qualquer separação e/ou gerenciamento (FIGURA 3.6).

FIGURA 3.6 – LOCALIZAÇÃO DA CAÇAMBA ESTACIONÁRIA NA OBRA 2



Todo resíduo disposto na caçamba da Obra 2 foi quantificado, independentemente da sua origem.

Como não houve qualquer interferência nas atividades desenvolvidas no canteiro da Obra 2, a coleta seletiva dos resíduos gerados não foi realizada, conseqüentemente, os mesmos não foram classificados de acordo com as classes estabelecidas pela Resolução CONAMA N° 307/02.

O monitoramento das atividades na Obra 2 tiveram início em novembro de 2005 e se estenderam até o mês de junho de 2006.

3.4. QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS

Os resíduos gerados nas duas obras utilizadas como estudo de caso foram quantificados, com a finalidade de comparar os volumes gerados. Essa comparação é importante pelo fato das duas obras utilizarem as mesmas técnicas construtivas, mas com diferentes características de gerenciamento.

Na Obra 1, a quantificação dos resíduos foi realizada a partir da utilização de uma balança antropométrica Filizola, modelo 34, com capacidade para 150 kg e graduação para 100 g (FIGURA 3.7).

FIGURA 3.7 – BALANÇA UTILIZADA PARA A QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS NA OBRA 1



Os resíduos foram quantificados de acordo com a separação definida na construção das baias no canteiro da Obra 1, conforme apresentado na seção 3.2.3. Não foi estabelecida uma frequência de pesagem, os resíduos eram quantificados conforme o esgotamento dos volumes das baias. No processo de quantificação, os resíduos eram removidos das baias e, em seguida, pesados. Os materiais que não seriam reaproveitados no desenvolvimento da obra eram dispostos na caçamba.

No caso dos resíduos dispostos na baia para a classe A1 (caliça e argamassa), antes da quantificação era realizada uma segunda triagem, com o

intuito de separar o resíduo em argamassa, argamassa endurecida e calça. O resíduo da argamassa era o material que passava pela peneira com malha de 10 mm. Este material peneirado apresenta potencial de ser reaproveitado como substituto da areia em determinadas atividades.

Para o processo de quantificação dos resíduos da Obra 1 foi elaborada uma planilha, apresentada na Tabela 3.1, na qual eram anotadas as informações referentes aos resíduos quantificados. Com o preenchimento das informações, os dados obtidos em campo eram utilizados para a elaboração de análises quantitativas dos resíduos.

TABELA 3.1 – PLANILHA UTILIZADA PARA A QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1

Tipo de Resíduo	Classe	Quantidade (kg)	Destino Adequado
Calça	A		
Argamassa	A		
Argamassa endurecida	A		
Tijolos	A		
Concreto	A		
Papelão	B		
Papel	B		
Gesso	C		
Latas de tintas	D		

A finalidade da elaboração das análises quantitativas dos resíduos foi a sua caracterização e a identificação dos materiais que apresentavam maiores índices de perda (%). Esta ação visou incentivar a reciclagem e a reutilização dos resíduos, com o intuito de reduzir o volume para disposição final e, também, a aquisição de recursos naturais, como a brita e a areia.

Para a realização das análises quantitativas, os resíduos gerados foram quantificados em termos de volume (m³). Como a quantificação foi realizada com a utilização de uma balança antropométrica, ou seja, com os resultados em termos de massa (kg), foi necessária a realização de uma transformação, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\rho = \frac{P}{V} \quad (1)$$

Onde:

ρ = peso específico do material (kg/m³)

P = massa (kg)

V = volume (m³)

A Tabela 3.2 apresenta os valores do peso específico (kg/m³) para os materiais utilizados durante a execução da obra. Na Obra 2, como os resíduos não passavam por nenhum processo de triagem foi necessário adotar um peso específico que representasse todo material gerado. Desta forma, o peso específico da calça (2.000 kg/m³) foi adotado como o padrão.

TABELA 3.2 – PESO ESPECÍFICO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NA OBRA

MATERIAL	PESO ESPECÍFICO (Kg/m³)
Concreto armado	2.500
Madeira de pinho	560
Tijolos furados	1.300
Argamassa	1.900
Calça (entulho)	2.000
Papel / Papelão	1.500

Como mencionado anteriormente, todo resíduo gerado na Obra 2 era disposto, pelos funcionários responsáveis pela limpeza da obra, em caçambas estacionárias. Dessa forma, a quantificação dos resíduos com a utilização da balança antropométrica Filizola tornou-se de difícil realização, pois seria necessário retirar todo material disposto na caçamba, pesá-lo e, em seguida, recolocá-lo na caçamba. Para a realização desta atividade seria necessário que um funcionário da obra fosse disponibilizado, o que não pode ser viabilizado.

Portanto, com a impossibilidade da utilização da balança antropométrica para a quantificação dos resíduos desta obra, a pesagem foi realizada em balança rodoviária digital, marca Digi-tron, modelo IT-6K, utilizada para a pesagem de caminhões de carga (FIGURA 3.8). Para que esta atividade pudesse ser viabilizada foi necessário contar com a colaboração da empresa responsável pela caçamba estacionária, que concordou em deslocar o caminhão do transporte dos resíduos coletados até a balança rodoviária, toda vez que a caçamba fosse retirada da obra.

FIGURA 3.8 – BALANÇA RODOVIÁRIA



a) Vista da plataforma da balança rodoviária



b) Detalhe do display de 6 dígitos utilizado na operação da balança

A balança rodoviária utilizada para a pesagem das caçambas apresentava capacidade para 60 toneladas e estava localizada na empresa Óleos Vegetais Ballesteros, situada na Rua 24 de Maio, nº 10, no Município de Curitiba/PR.

Os dados coletados sobre a quantificação dos resíduos gerados nas duas obras foram utilizados para a elaboração de gráficos comparativos relacionando os volumes produzidos nos canteiros das duas obras estudadas.

Para que os gráficos pudessem ser utilizados como base de comparação para os dois casos, foi necessário calcular a quantidade equivalente de resíduo gerado por metro quadrado construído. Isso porque, o valor absoluto de resíduo da Obra 1 era equivalente a 2 sobrados com área construída de 105 m²/unidade, enquanto na Obra 2 o valor absoluto era equivalente a 3 sobrados com área construída de 203 m²/unidade.

Esta avaliação é importante para apontar as vantagens que o gerenciamento de resíduos no canteiro da obra pode proporcionar à construtora, em termos de redução nos custos de disposição final e de aquisição de recursos naturais e, principalmente, em relação à preservação do meio ambiente.

4. RESULTADOS

Neste Capítulo serão apresentados os resultados do estudo desenvolvido para avaliar os procedimentos de gerenciamento dos resíduos da construção civil, visando a definição de boas práticas e a redução dos impactos ambientais relacionados, de acordo com a metodologia de trabalho apresentada no Capítulo 3.

4.1. OBRA 1

A execução da Obra 1 era de responsabilidade de uma construtora que possui certificado de qualidade da construção, PBQP-H. Por ser uma construtora preocupada com a qualidade de seus produtos e com a satisfação de seus clientes, a proposta de pesquisa sobre o desenvolvimento e aplicação de um plano de gerenciamento de resíduos da construção civil no canteiro da obra, apresentada junto à direção, despertou o interesse dos responsáveis que permitiram o desenvolvimento do estudo em uma de suas unidades.

A primeira ação realizada no canteiro da obra foi a construção das baias, para a realização da coleta seletiva. Desta forma, todo resíduo gerado durante a execução dos dois sobrados passou a ser classificado e, em seguida, disposto na baia correspondente a sua classe, conforme definido pela Resolução CONAMA nº 307/02.

Foram construídas 7 baias para separar os resíduos conforme suas origens e características. A triagem dos resíduos foi uma etapa importante no processo de definição das alternativas de reutilização, reciclagem e disposição final, pois cada resíduo gerado apresenta uma característica específica e, conseqüentemente, uma forma de disposição final adequada. Além disso, a separação dos materiais em baias contribuiu para a caracterização dos resíduos gerados.

A aplicação do plano de gerenciamento, além da identificação e quantificação dos resíduos, visava a minimização de sua geração em todas as etapas da

construção, à maximização do seu reaproveitamento e à definição de um destino adequado para os resíduos que não tivessem mais utilidade no canteiro da obra.

A minimização da geração de resíduos foi realizada através da intervenção em algumas atividades do processo construtivo. Esta etapa tem fundamental importância em relação ao incentivo da aplicação do gerenciamento de resíduos nos canteiros de obra, pois, através da redução das quantidades geradas, os agentes envolvidos visualizam alguns dos benefícios de sua aplicação.

Na Obra 1, através da identificação das características de cada etapa do processo construtivo, foi possível adotar algumas iniciativas que tiveram como objetivo a redução do desperdício de material e, conseqüentemente, a minimização da geração de resíduos em determinadas atividades.

O reaproveitamento dos materiais consistiu em analisar os resíduos dispostos nas baias e, a partir de experiências descritas em outros estudos, como PINTO (1999) e LAQUATRA e PIERCE (2004), buscar alternativas de reaproveitamento e/ou reciclagem dentro e fora do canteiro da obra, reduzindo o volume para disposição final.

4.1.1. Quantificação dos resíduos da OBRA 1

Todos resíduos gerados durante a construção dos dois sobrados foram quantificados e classificados de acordo com as classes estabelecidas na Resolução CONAMA N° 307/02, independente da sua reutilização no canteiro da obra (FIGURA 4.1).

FIGURA 4.1 – QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS



A discriminação dos resíduos quantificados, conforme as fontes de geração e as baias construídas no canteiro da obra, foram as seguintes:

- Argamassa – Classe A1;
- Argamassa Endurecida – Classe A1;
- Calça – Classe A1;
- Concreto – Classe A2;
- Tijolos – Classe A3;
- Papelão – Classe B1;
- Plástico – Classe B1;
- Madeira – Classe B2
- Outros – Classe C e D.

A separação teve como finalidade o reaproveitamento futuro dos resíduos gerados.

A quantificação dos resíduos, separados por classes, permitiu a caracterização do material desperdiçado na execução da obra. Com o resultado obtido, foi possível comparar com a composição dos resíduos obtidos por outras pesquisas (PINTO, 1999; LAQUATRA e PIERCE, 2004).

Para os resíduos da classe A1, antes da quantificação, foi realizado um peneiramento, para separar o material de granulometria mais fina, argamassa, dos demais resíduos dispostos na mesma baia, argamassa endurecida e calça. Na Figura 4.2 é possível observar os resíduos separados após a realização do peneiramento.

FIGURA 4.2 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA BAIAS CLASSE A1



a) Argamassa peneirada



b) Calça

Em relação aos materiais dispostos nas demais baias (classe A2, A3, B1, B2, C e classe D), não foi necessária a realização do peneiramento dos resíduos para que a quantificação pudesse ser realizada. Os materiais referentes a algumas classes de resíduos estão apresentados nas Figuras 4.3 e 4.4.

FIGURA 4.3 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA BAIAS CLASSE A2



FIGURA 4.4 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA BAIA CLASSE A3



A Tabela 4.1 apresenta os resultados da quantificação dos resíduos gerados no desenvolvimento da Obra 1 em massa (kg), volume (m³) e em porcentagem (%). Os valores apresentados nesta tabela não levaram em consideração os resíduos gerados durante a fase de acabamento da obra, isso porque, não foi possível realizar a quantificação dos resíduos referentes a esta fase da Obra 2.

TABELA 4.1 – COMPOSIÇÃO DOS RCC DA OBRA 1 APRESENTADOS EM MASSA (KG), VOLUME (m³) E PORCENTAGEM (%)

MATERIAL	CLASSE	MASSA (KG)	(%) MASSA	VOLUME (m³)	(%) VOLUME
Argamassa	A1	3.644,9	40,47	1,92	34,31
Argamassa endurecida	A1	205,3	2,28	0,11	1,93
Caliça	A1	2.433,7	27,02	1,22	21,76
Concreto	A2	634,2	7,04	0,25	4,54
Madeira	B2	183,5	2,04	0,91	16,29
Papel / Papelão	B1	122,0	1,35	0,08	1,45
Tijolos	A3	1.273,3	14,14	0,98	17,52
Outros	C,D	510,0	5,66	0,12	2,19
TOTAL		9.006,9	100	5,59	100

A partir dos dados apresentados na Tabela 4.1, pode-se observar que a maioria dos resíduos gerados é formada por parcelas reutilizáveis ou recicláveis (classes A e B). O resíduo que apresentou o maior volume de geração na execução dos dois sobrados, a argamassa (34,31%), apresenta potencial para ser reutilizada integralmente, sem qualquer custo agregado. Outros resíduos com grandes volumes de geração, também apresentam potencial para o reaproveitamento, como é o caso da calça, da madeira e do papel/papelão.

A composição dos resíduos gerados é associada, principalmente, à tradição construtiva do local onde a obra é executada, devido principalmente à tecnologia e a matéria-prima disponível. Tal afirmação pode ser comprovada a partir de uma análise da Tabela 4.2. Esta tabela apresenta os resultados de composição de resíduos obtidos por duas pesquisas. A primeira pesquisa foi desenvolvida por PINTO (1999) em canteiros de obras convencionais em São Carlos/SP e Santo André/SP, já a segunda pesquisa, desenvolvida por LAQUATRA e PIERCE (2004), foi realizada utilizando-se o canteiro de obra de uma residência unifamiliar em Nova Iorque (EUA).

TABELA 4.2 – COMPARAÇÃO ENTRE A COMPOSIÇÃO DOS RCC DA OBRA 1, PINTO (1999) E LAQUATRA E PIERCE (2004)

MATERIAL	(%) VOLUME ⁽¹⁾	(%) VOLUME ⁽²⁾	(%) VOLUME ⁽³⁾
Argamassa	34,31	64,0	-
Argamassa endurecida	1,93	-	-
Argila	-	-	0,65
Base de asfalto	-	-	4,68
Brita	-	1,4	-
Caliça	21,76	11,1	4,65
Cimento	-	0,4	-
Concreto endurecido	4,54	4,7	-
Fibra de vidro	-	-	0,30
Gesso	-	-	29,47
Latas de tintas e outros	-	-	2,92
Madeira	-	0,1	26,45
Metal	-	-	1,50
Papel	1,45	0,2	2,69
Papelão	-	-	13,57
Plástico	-	-	12,35
Resíduos de Alimentos	-	-	0,76
Solo	-	0,1	-
Tijolos	17,52	18,0	-
Outros	2,19	-	-
TOTAL	100	100	100

(1) Resultados obtidos pela pesquisa na Obra 1

(2) PINTO (1999)

(3) LAQUATRA e PIERCE (2004)

Pode-se observar que, assim como os dados obtidos por esta pesquisa na Obra 1, a maior parcela de resíduos gerados no estudo desenvolvido por PINTO (1999) é referente à argamassa. De modo geral, as composições dos materiais obtidos pelas duas pesquisas apresentam grandes semelhanças, com exceção da parcela referente aos resíduos de madeira.

A porcentagem elevada de madeira, 16,3%, disposta na Obra 1 pode ser explicada pelo fato do material ter sido utilizado em todo o processo construtivo dos demais sobrados da obra, tendo sido reaproveitado na execução dos dois sobrados utilizados nesta pesquisa. A Figura 4.7 apresenta a baia referente aos resíduos classe B2 (madeira).

FIGURA 4.7 – MADEIRA ARMAZENADA TEMPORARIAMENTE NO CANTEIRO DA OBRA



Os resultados obtidos pelo estudo de LAQUATRA e PIERCE (2004), desenvolvido nos Estados Unidos, apresentam poucas semelhanças com o obtido no desenvolvimento da Obra 1.

Como pode ser observado na Tabela 4.2, nas construções tipicamente americanas, os materiais mais utilizados durante o processo construtivo são o gesso e a madeira. O gesso, na sua maioria, é utilizado na forma de “drywall”. Esta forma de utilização do gesso tem sido empregada, com certa frequência, também nas construções brasileiras, principalmente na construção dos edifícios de alto padrão.

Outros materiais que apresentaram um grande volume na composição dos resíduos de LAQUATRA e PIERCE (2004) foram a madeira, o papelão e o plástico. Em relação à madeira, este material faz parte da tradição construtiva norte-americana, o que explica a grande quantidade de resíduos gerada.

4.1.2. Boas práticas para minimização de resíduos

A introdução de boas práticas, com a finalidade de minimizar a geração dos resíduos, tem fundamental importância para a operacionalização da metodologia de gerenciamento de resíduos, porém a sua aplicação no canteiro da obra não é tão simples. Um dos obstáculos, encontrados no setor da construção civil, para a implementação da minimização de resíduos em obras, é o fato das técnicas construtivas utilizadas pelo setor serem empregadas da mesma forma há anos, o que dificulta a aceitação para a introdução de novas técnicas.

A primeira intervenção realizada na Obra 1, para reduzir o volume de geração dos resíduos, foi em relação ao armazenamento e ao manejo dos materiais no canteiro da obra. Foi observado que estas duas etapas, quando não realizadas de maneira adequada, resultavam em perda de materiais, (como o caso dos tijolos), que pareciam insignificantes, mas que, ao final das atividades contribuíram com um volume considerável de resíduos, que poderiam ter sido evitados.

O fato de a construtora possuir o certificado PBQP-H teve grande significância para a solução do problema do armazenamento, pois a estocagem dos materiais em “pallets”, é um dos itens essenciais que uma obra certificada deve apresentar (FIGURA 4.8).

FIGURA 4.8 – ARMAZENAMENTO DOS MATERIAIS NO CANTEIRO DA OBRA



Para solucionar o problema do manejo dos materiais, a equipe de trabalho foi reunida para que fossem repassadas as observações sobre as deficiências que tinham sido observadas no desenvolvimento da obra. Durante a reunião, foi exposto que os resíduos estavam sendo gerados devido ao manejo incorreto dos materiais e, para evitar a geração, bastaria que fosse tomado maior cuidado com o transporte durante a execução das atividades.

Outra prática adotada no canteiro de obra, visando a minimização da geração de resíduos, foi aplicada durante o revestimento das paredes internas dos sobrados. Durante a execução desta atividade, uma quantidade considerável de resíduo, proveniente da argamassa que era aplicada nas paredes internas dos sobrados, era derrubada no pavimento. Para reduzir a perda de material na atividade, todo resíduo caído no chão era recolhido e levado novamente à betoneira, para ser reaproveitado. Desta forma, reduziu-se o volume de resíduos de argamassa gerado no canteiro da obra.

Outra questão importante, especificada na Resolução CONAMA N° 307/02, e fundamental para a operacionalização da gestão sustentável dos RCC é o reaproveitamento de resíduos. Na fase de implantação da metodologia no canteiro

da Obra 1, foi destacada a importância de se avaliar a possibilidade do reaproveitamento dos materiais gerados, evitando assim a sua remoção e disposição final.

4.1.3. Reaproveitamento de resíduos

Mesmo com a aplicação de boas práticas, durante a execução das atividades do processo construtivo no canteiro da obra, não é possível evitar que os resíduos sejam gerados. Desta forma, seguindo a hierarquia de gerenciamento, com a existência da geração dos resíduos, foram definidas técnicas para o seu reaproveitamento, dentro ou fora do canteiro da obra, de forma a reduzir os impactos ambientais e os custos de disposição final.

A maioria dos materiais gerados durante o desenvolvimento da obra tem potencial para a reutilização e/ou reciclagem. Portanto, a triagem correta dos resíduos no canteiro da obra contribui diretamente para a identificação dos materiais passíveis de reaproveitamento.

Na Obra 1, foram reaproveitados quatro tipos diferentes de materiais, sendo eles: argamassa, calça, madeira e papel/papelão.

A argamassa era obtida a partir do peneiramento dos resíduos dispostos na baia da classe A1, conforme apresentado anteriormente. A reutilização deste material foi de considerável importância, pois representava o maior volume entre todos os resíduos gerados na Obra 1.

A argamassa foi reutilizada no próprio canteiro da obra, em substituição ao agregado areia, na preparação do reboco utilizado no revestimento dos muros dos sobrados. Por não apresentar nenhuma função estrutural, a qualidade do reboco não foi alterada em função da substituição da areia pelo resíduo da argamassa, que apresenta consistência muito parecida à da própria areia, como se pode observar na Figura 4.9.

FIGURA 4.9 – RESÍDUO DA ARGAMASSA



O reboco tradicional é preparado com cimento, cal e areia. Além de não alterar o funcionamento do revestimento, esta substituição contribuiu para economizar um dos recursos naturais mais utilizados na construção civil, a areia. O resíduo da argamassa foi reutilizado em sua totalidade nos dois sobrados adotados para o estudo da OBRA 1.

Como o enfoque do trabalho foi a definição e a aplicação de uma metodologia de gerenciamento de resíduos no canteiro da obra, com o intuito de reduzir os impactos ambientais que os RCC têm causado, não foram realizados testes em laboratório para analisar a qualidade do resíduo da argamassa e sua possível aplicação em outros processos construtivos, como na fabricação do concreto.

Para esta finalidade, a ABNT editou, em 2004, a NBR 15.116, que especifica os requisitos para a utilização de agregados reciclados de resíduos da construção civil no preparo de concreto sem função estrutural e para sua utilização em pavimentação.

Em relação à reutilização do resíduo da calça, foi testada a sua aplicação, em substituição à brita, na construção da sub-base do pavimento interno do condomínio onde estavam sendo construídos os sobrados (FIGURA 4.10).

FIGURA 4.10 – PAVIMENTO COM A APLICAÇÃO DA CALÇA



Aparentemente, a aplicação não resultou em qualquer dano ou prejuízo à obra. O resíduo não foi utilizado em toda extensão do pavimento, pois como mencionado anteriormente, a aplicação foi realizada em caráter de teste. Porém, as Figura 4.11 a e b, permitem observar a semelhança entre os agregados com brita e com a calça gerada na construção dos sobrados. Portanto, a aplicação do resíduo reutilizado, calça, na execução da sub-base de um pavimento, o qual não será muito exigido em termos de resistência mecânica, parece bastante viável.

FIGURA 4.11 – COMPARAÇÃO ENTRE OS AGREGADOS BRITA E CALIÇA



a) brita

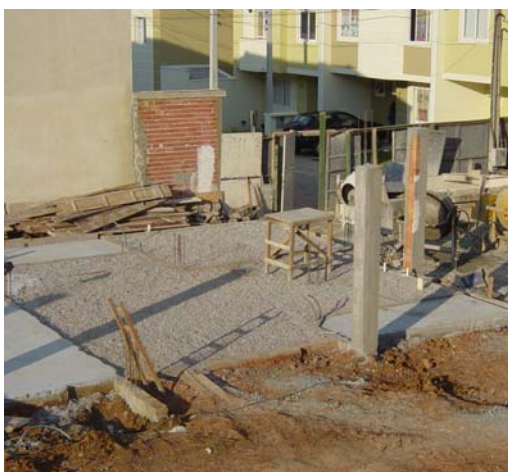


b) caliça

A caliça gerada na construção dos sobrados pode, ainda, ter outra aplicação no canteiro da obra. Este resíduo pode ser utilizado na etapa de fundação da obra, substituindo novamente o agregado brita. Entretanto, o fato dos sobrados, terem sido os dois últimos construídos no canteiro da Obra 1, impediu que tal aplicação pudesse ser viabilizada.

A Figura 4.12, apresenta a execução da fundação dos sobrados utilizados na pesquisa. Como pode ser observado, a brita foi o agregado utilizado para a execução desta tarefa, porém, se houvesse a disponibilidade do resíduo de caliça, este teria sido empregado.

FIGURA 4.12 – EXECUÇÃO DA FUNDAÇÃO DOS SOBRADOS



a) Vista da fundação com a brita



b) Detalhe da brita

A brita, utilizada na fundação, teve a função de nivelar o primeiro piso da obra, tornando-o mais homogêneo. A substituição pela calça, além de não alterar o objetivo da sua aplicação, poderia ter contribuído para a redução dos impactos ambientais causados pela extração da matéria-prima e pela disposição final inadequada dos resíduos.

Os resíduos da Obra 1, também foram reaproveitados fora do canteiro da obra. Um exemplo deste reaproveitamento ocorreu com o resíduo da madeira. No processo construtivo, a madeira foi utilizada para a execução das fôrmas das lajes, vigas e pilares e, também, nas marcações utilizadas no desenvolvimento da obra, na forma de piquetes. Para as duas aplicações, a madeira foi reutilizada com a mesma função no canteiro da obra. As madeiras utilizadas foram descartadas após a execução dos dois sobrados.

O reaproveitamento da madeira fora do canteiro da obra foi analisado assim que as madeiras utilizadas no processo construtivo foram descartadas. A opção encontrada para reaproveitar o resíduo foi a doação para as indústrias cerâmicas, que utilizam a madeira como combustível para seus fornos. Desta forma, a construtora não teve nenhum custo agregado com a disposição final do resíduo.

Outros resíduos, que tiveram como destino o seu reaproveitamento fora do canteiro da obra, foram o papel e o papelão. Estes resíduos são gerados a partir do descarte das embalagens de matérias-primas utilizadas no processo construtivo, como o cimento e a argamassa.

De acordo com a Resolução CONAMA N° 307/02, os resíduos de papel e papelão são classificados como classe B, ou seja, resíduos recicláveis com aplicação fora do setor da construção civil. Nesta pesquisa, estes resíduos foram dispostos em uma baia específica e, após ser quantificado, foi encaminhado para venda. Todo recurso financeiro proveniente da venda destes materiais recicláveis foi revertido à equipe de funcionários que trabalhou na triagem dos resíduos gerados na obra.

4.1.4. Disposição final dos resíduos

A aplicação do plano de gerenciamento de resíduos no canteiro da obra abrangeu todos os aspectos relacionados à geração de RCC. Desta forma, foram avaliadas as alternativas de disposição final, em conformidade com a legislação federal, para os resíduos que não apresentaram possibilidade de reaproveitamento.

Estes resíduos, após serem quantificados, foram armazenados temporariamente no próprio canteiro, em caçamba estacionária para o caso dos resíduos classe A, até que uma alternativa de disposição final fosse viabilizada. A caçamba estava estacionada em área adequada, não causando qualquer transtorno às operações de rotina, e afastada o suficiente para evitar que outros tipos de resíduos, provenientes de terceiros, fossem dispostos.

A empresa responsável pela caçamba estacionária, era responsável também pelo transporte e pela disposição final dos resíduos em um aterro de resíduos da construção civil. A localização do aterro, onde foram dispostos os RCC coletados na obra, foi conhecida a partir de um contato realizado junto à empresa contratada.

A importância de se conhecer o local onde os resíduos são dispostos está relacionada ao grande número de transportadoras que depositam irregularmente os materiais coletados nas obras. Além de degradar o meio ambiente, esta prática prejudica também a construtora que é autuada como co-responsável pela infração.

O Quadro 4.1 apresenta a relação dos resíduos gerados no desenvolvimento da Obra 1 com seus respectivos destinos.

QUADRO 4.1 – DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1

Tipo do resíduo	Classe	Destino
Argamassa	A	Reutilização no canteiro da obra
Argamassa endurecida	A	Aterro de resíduos da construção civil
Caliça	A	Reutilização no canteiro da obra
Concreto	A	Aterro de resíduos da construção civil
Gesso	C	Devolução do resíduo a empresa de origem
Latas de tintas e solventes	D	Aterro industrial para resíduos perigosos
Madeira	B	Doação para reutilização fora do canteiro da obra
Papel / Papelão	B	Venda para reciclagem fora do canteiro da obra
Tijolos	A	Aterro de resíduos da construção civil

Os resíduos de gesso foram gerados durante a instalação do forro de gesso acartonado. Durante este processo é necessária a realização de cortes nas placas de gesso, atividade relacionada à geração dos resíduos. O problema da geração de resíduos de gesso está relacionado à falta de tecnologias, ou aplicações, economicamente viáveis que permitam o seu reaproveitamento (CONAMA, 2002). Além disso, este resíduo não deve ser disposto na caçamba estacionária juntamente com os resíduos classe A.

Tendo em vista todos os problemas envolvendo o resíduo de gesso, como alternativa foi proposto que a construtora, ao adquirir as placas de gesso acartonado, deveria descrever no contrato de compra que a responsabilidade pelo recolhimento dos resíduos oriundos dos cortes seria da empresa fornecedora do material. A proposta foi considerada viável pela construtora, que se propôs a adotar a recomendação nas próximas obras.

De acordo com JOHN e CINCOTTO (2003), algumas aplicações potenciais para reciclagem do resíduo de gesso poderiam ser como corretivo para solo com emprego na agricultura, como aditivo para compostagem, como componente para forração para animais, como absorvente de óleo e como agente para controle de odores em estábulos e secagem de lodo de esgoto.

As latas de tinta e de solvente, classificadas como resíduos perigosos, foram geradas durante a fase final da obra, mais precisamente na etapa de acabamento.

Em função do atraso ocorrido no cronograma da Obra 2, o que impediu o acompanhamento e, posteriormente, a quantificação dos resíduos referentes à etapa de acabamento, fez com que os dados obtidos nesta etapa da Obra 1, também não fossem considerados no cômputo dos resultados.

Entretanto, a disposição final adequada para este resíduo é o seu encaminhamento para um aterro industrial. Isto porque, este resíduo, quando manipulado incorretamente, pode estar relacionado a danos à saúde humana e também ao meio ambiente. O custo da disposição final de resíduos perigosos varia com a quantidade de material, sendo o preço igual a R\$500,00/tonelada de resíduo (Essencis, contato pessoal, 2006).

4.2. OBRA 2

Na segunda obra utilizada como estudo de caso não foi realizada qualquer intervenção nas atividades realizadas no canteiro da obra ou no processo construtivo. Os procedimentos ficaram limitados à quantificação dos resíduos a serem dispostos na caçamba estacionária e à realização de um levantamento fotográfico das condições apresentadas em todas as fases estudadas. Este fato influenciou diretamente a aceitação da proposta de trabalho, por parte da maioria das construtoras contatadas. Entre todas as obras visitadas, a Obra 2 foi definida em função da facilidade de acesso.

4.2.1. Acompanhamento das atividades da Obra 2

A situação do canteiro da Obra 2 foi a mesma encontrada na maioria das obras de médio porte da cidade de Curitiba/PR. Os resíduos eram dispostos sem qualquer gerenciamento, expondo, muitas vezes, os funcionários a acidentes que poderiam ser evitados com a realização de pequenas ações (FIGURA 4.13).

FIGURA 4.13 – MATERIAL DISPOSTO NO CANTEIRO DE OBRA 2



Além de colocar em risco a saúde e o bem-estar dos funcionários, a falta de gerenciamento dos resíduos pode prejudicar também o meio ambiente. A Figura 4.14 mostra a disposição dos resíduos gerados na Obra 2, na parte externa do canteiro da obra. Os resíduos, muitas vezes eram dispostos sobre a grama, sem qualquer precaução. A Figura 4.14 é referente ao início das atividades, período em que não foi solicitado o serviço de transporte de resíduos e da caçamba estacionária.

FIGURA 4.14 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA PARTE EXTERNA DO CANTEIRO DA OBRA



Com o crescimento das atividades e, conseqüentemente, da geração de resíduos, a construtora responsável pela execução da obra providenciou o encaminhamento de uma caçamba estacionária para o canteiro da Obra 2. A caçamba foi estacionada na parte externa do canteiro da obra, em frente à construção (FIGURA 4.15).

FIGURA 4.15 – CAÇAMBA ESTACIONÁRIA LOCALIZADA FORA DO CANTEIRO DA OBRA 2



A localização da caçamba, fora do canteiro da obra, permite a disposição de resíduos provenientes de terceiros, fazendo com que a construtora assuma a responsabilidade sobre eles. Apesar da caçamba indicar em sua lateral a proibição quanto à disposição de resíduos domésticos, a população em geral desrespeita tal indicação, o que contribui para o esgotamento mais rápido do seu volume.

A inexistência da separação dos resíduos gerados na Obra 2, contribuiu para que todos os materiais fossem dispostos na caçamba estacionária. Foi observado que resíduos classificados como recicláveis (papel/papelão), comuns (doméstico), perigosos (latas de tinta) e, até mesmo, restos de animais, foram dispostos juntamente com os resíduos da construção civil, como pode ser observado na Figura 4.16.

FIGURA 4.16 – RESÍDUOS DISPOSTOS NA CAÇAMBA ESTACIONÁRIA



Atualmente, na cidade de Curitiba, são poucos os aterros autorizados pela Prefeitura Municipal para disposição dos resíduos da construção civil. A escassez de novas áreas licenciadas, que permitam a construção de novos aterros, também está gerando um problema sócio-ambiental. A disposição dos resíduos em caçambas, sem a realização de triagem na fonte de geração, contribui para o esgotamento das

áreas autorizadas para a disposição de RCC, além de tornar agudo o problema relacionado à disposição dos resíduos gerados nos canteiros das obras de construção civil.

4.2.2. Quantificação dos resíduos

Na Obra 2, foram quantificados todos os resíduos dispostos na caçamba estacionária, independentemente da sua origem e/ou classificação. Para a quantificação dos resíduos, como mencionado no Capítulo 3, foi utilizada uma balança rodoviária digital com a finalidade básica de pesagem de caminhões de carga.

A Tabela 4.3 apresenta os dados referentes à quantificação dos resíduos dispostos nas caçambas estacionárias retiradas da Obra 2.

TABELA 4.3 – QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA OBRA 2

PESAGEM	DATA	VOLUME (m³)
1° Pesagem	Dezembro/2005	1,99
2° Pesagem	Janeiro/2006	2,72
3° Pesagem	Janeiro/2006	2,34
4° Pesagem	Fevereiro/2006	2,24
5° Pesagem	Março/2006	2,49
6° Pesagem	Abril/2006	2,67
7° Pesagem	Abril/2006	2,24
8° Pesagem	Maio/2006	2,17
9° Pesagem	Maio/2006	2,08
10° Pesagem	Junho/2006	1,92

O volume total de geração foi igual a 22,85 m³, valor referente aos resíduos gerados na execução dos 3 sobrados integrantes da Obra 2, com áreas construídas de 203 m² cada.

4.3. ESTUDO COMPARATIVO

O estudo comparativo teve a finalidade de relacionar os resíduos gerados nos dois canteiros de obra utilizados como estudo de caso desta pesquisa, tendo sido realizado o monitoramento desde início dos trabalhos de fundação até o encerramento da etapa de revestimento.

As duas obras, como mencionado anteriormente, apresentavam características semelhantes em relação ao padrão construtivo, alvenaria convencional com o uso de tijolos (FIGURA 4.17), e opostas em relação ao gerenciamento dos resíduos.

FIGURA 4.17 – VISTA DOS SOBRADOS UTILIZADOS NA PESQUISA



a) Vista da Obra 1

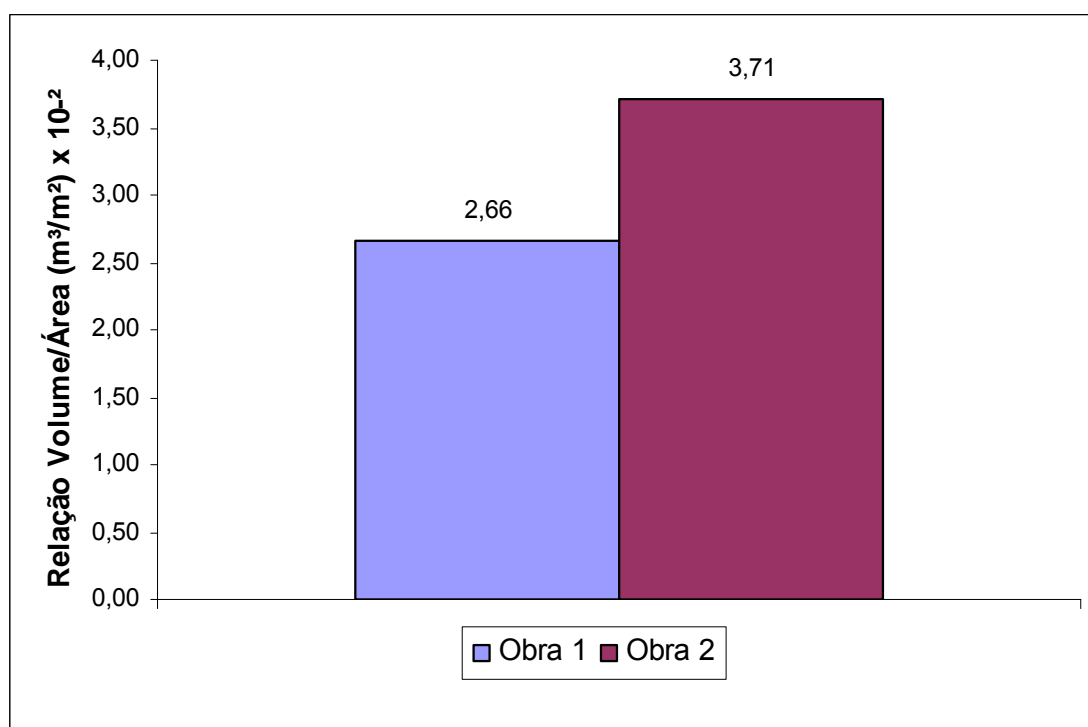


b) Vista da Obra 2

A comparação entre os resíduos gerados no desenvolvimento das duas obras foi realizada através da avaliação do volume de resíduo gerado por metro quadrado construído (m^3/m^2). Desta forma, foi possível comparar as duas obras, que apresentavam diferenças na quantidade de sobrados monitorados e também na área total construída.

A Figura 4.18 apresenta os resultados obtidos para o volume total de resíduos gerados nas duas obras. Nesta primeira análise, foram desprezados os reaproveitamentos realizados no canteiro da Obra 1, sendo apresentado o valor referente ao volume total de geração.

FIGURA 4.18 – RELAÇÃO DOS RESÍDUOS GERADOS NAS DUAS OBRAS UTILIZADAS NO ESTUDO



Através da Figura 4.18, pode-se observar que o volume de resíduos gerados na Obra 2 ($3,71 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m}^2$) é, aproximadamente, 1,4 vezes maior que o volume quantificado na Obra 1 ($2,66 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{m}^2$). Esta diferença pode ser explicada, principalmente, em função da implantação do plano de gerenciamento de resíduos, aplicado no desenvolvimento da Obra 1.

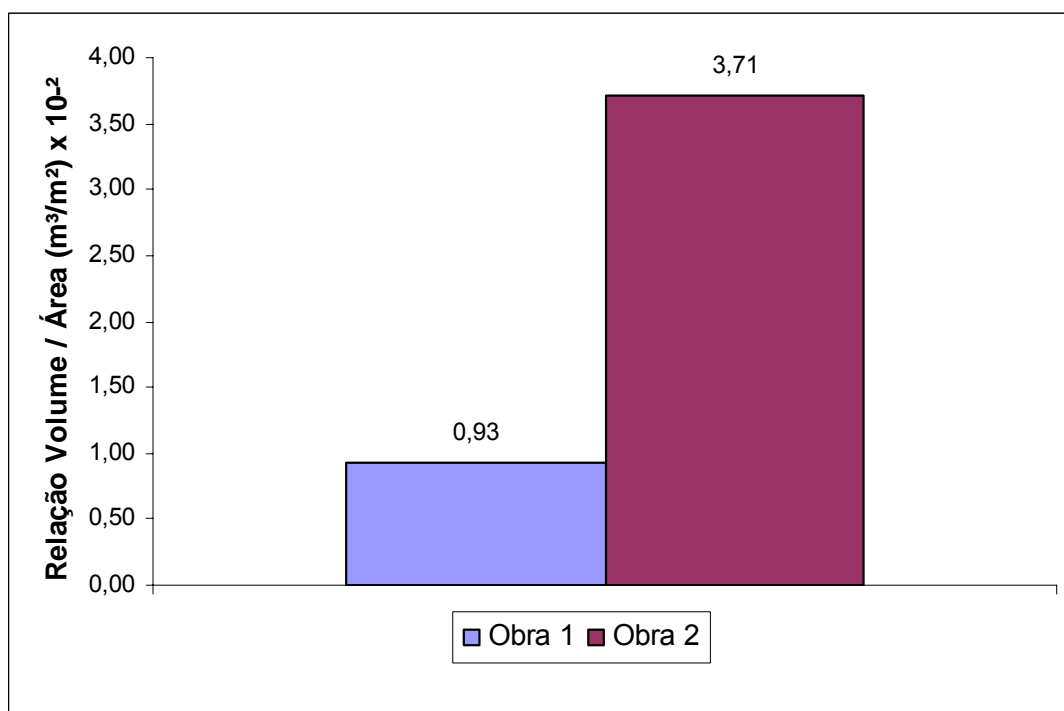
Na Obra 1, com a aplicação de boas práticas visando a minimização de resíduos, foi possível reduzir o desperdício de materiais e, assim, diminuir o volume de geração de resíduos.

Para que o estudo realizado no canteiro da obra passasse a ser um objetivo a ser alcançado, as reuniões realizadas com a equipe de trabalho da Obra 1, com o intuito de transmitir as tarefas a serem executadas e identificar as irregularidades, foram essenciais para implantar a metodologia e introduzir uma nova mentalidade na equipe.

Por outro lado, a falta de comprometimento, em relação à geração de resíduos, da equipe de trabalho da Obra 2, pode ser observada nas visitas realizadas ao canteiro da obra. A quantidade de material, consumido ou desperdiçado, não apresentava qualquer significado para os membros da equipe de trabalho.

Em relação aos resíduos gerados na Obra 1, o volume de geração foi diferente do volume de disposição final, isto porque, no desenvolvimento da obra, foram aplicadas algumas técnicas de reaproveitamento dos resíduos, conforme apresentado na seção 4.1.3. A Figura 4.19 apresenta a comparação entre os os resíduos enviados para disposição em aterro de RCC.

FIGURA 4.19 – RELAÇÃO DOS RESÍDUOS DISPOSTOS EM ATERRO DE RCC NAS DUAS OBRAS UTILIZADAS NO ESTUDO



Considerando as atividades realizadas na Obra 1, na qual os resíduos gerados foram reutilizados e/ou reciclados, pode-se observar, através da Figura 4.19, que a diferença entre os volumes gerados nas duas obras aumentou. Enquanto na primeira análise (Figura 4.18), para a qual foi considerado o volume total de resíduos gerados, a Obra 2 apresentou um volume 1,4 vezes maior do que a Obra 1, na segunda análise a diferença aumentou para 4 vezes.

Através da Figura 4.19, para a Obra 1, é possível observar também a redução do volume de disposição final em relação ao volume total de geração, apresentado na Figura 4.18. Esta diferença pode ser atribuída à parcela de resíduos reaproveitada no canteiro de obra. Os resíduos de argamassa, por exemplo, que representavam a maior parcela de materiais gerados na Obra 1, 34,3%, foram reutilizados integralmente no canteiro da obra.

A Tabela 4.4 apresenta os valores relativos ao volume total e ao volume disposto em aterro de RCC, referentes aos resíduos da Obra 1.

TABELA 4.4 – RELAÇÃO ENTRE O VOLUME TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS NA OBRA 1 E O VOLUME DISPOSTO EM ATERRO DE RCC

TIPO DE RESÍDUO	VOLUME TOTAL (m³)	VOLUME DISPOSTO EM ATERRO (m³)
Argamassa	1,92	0,00
Caliça	1,22	0,60
Concreto	0,25	0,25
Argamassa endurecida	0,11	0,11
Papel / Papelão	0,08	0,00
Tijolos	0,98	0,98
Madeira	0,91	0,00
TOTAL	5,59	1,95

O reaproveitamento dos resíduos na Obra 1 só foi possível devido à realização da coleta seletiva, segundo a qual, todo resíduo gerado era separado conforme sua classificação e origem. Entre as vantagens proporcionadas pelo reaproveitamento dos resíduos podem ser citadas:

1. a redução da extração de recursos naturais não-renováveis do meio ambiente;
2. a redução do volume de resíduos a ser disposto em aterros de RCC;
3. a redução do volume de compra de insumos como brita e areia.

4.4. AVALIAÇÃO DOS CUSTOS

Como forma de apresentar os resultados de maneira mais representativa para os agentes envolvidos com o setor da construção civil, foi realizada uma avaliação de custos com os materiais que foram reaproveitados no canteiro da obra.

A primeira análise levou em consideração os resíduos que deixaram de ser dispostos na caçamba estacionária e, como consequência, tiveram o seu volume de disposição reduzido. A Tabela 4.5 apresenta o volume de resíduos, o custo e a capacidade de disposição na caçamba estacionária, além da economia proporcionada pela introdução do gerenciamento dos resíduos.

TABELA 4.5 – ECONOMIA GERADA PELA NÃO DISPOSIÇÃO DOS MATERIAIS NA CAÇAMBA ESTACIONÁRIA

VOLUME DO MATERIAL	CUSTO DA CAÇAMBA (R\$) ⁽¹⁾	VOLUME DA CAÇAMBA	ECONOMIA (R\$)
3,64 m³	60,00	3,00 m³	72,00

(1) Valor orçado no mês de agosto/2006 na cidade de Curitiba/PR

Outra análise de custos realizada utilizou os materiais que foram reaproveitados no canteiro da obra, substituindo um agregado natural. No caso específico da pesquisa, os agregados substituídos foram a areia e a brita, como já mencionado na seção 4.1.3.

A Tabela 4.6 apresenta uma relação entre os materiais reutilizados, com seus respectivos volumes, e os agregados naturais substituídos nas atividades, com seus preços de compra cotados no Município de Curitiba/PR.

TABELA 4.6 – RELAÇÃO DOS MATERIAIS REAPROVEITADOS COMO AGREGADOS NATURAIS

RESÍDUO REUTILIZADO	VOLUME	AGREGADO SUBSTITUIDO	CUSTO DO AGREGADO (R\$) ⁽¹⁾	ECONOMIA (R\$)
Argamassa	1,92 m³	Areia	43,24	83,02
Caliça	0,62 m³	Brita	33,37	20,69

(1) Valor orçado no mês de agosto/2006 na cidade de Curitiba/PR

O valor total economizado, somando-se os valores da disposição e os valores dos resíduos reutilizados, foi de R\$ 175,71. Este valor é referente à construção de dois sobrados de 105 m² cada. Se for considerado que a metodologia de gerenciamento dos resíduos pode ser aplicada em obras de grande porte, é possível extrapolar este valor e gerar uma economia de custos considerável nas obras da construção civil.

De acordo com a economia obtida pela aplicação da metodologia nos dois sobrados da pesquisa, foi realizada uma projeção com a estimativa de custos

considerando-se todos os sobrados integrantes do canteiro da Obra 1, vinte e dois no total. A Tabela 4.7 apresenta os resultados desta estimativa.

TABELA 4.7 – ESTIMATIVA DE CUSTOS PARA TODOS OS SOBRADOS DO CANTEIRO DA OBRA 1

SOBRADOS DA PESQUISA	ECONOMIA DA PESQUISA (R\$)	VALOR UNITÁRIO (R\$)	SOBRADOS DO CANTEIRO	ECONOMIA TOTAL (R\$)
2	175,71	87,86	22	1.932,81

O valor obtido pela estimativa realizada na Tabela 4.7, R\$1.932,81, é representativo, considerando que as intervenções da pesquisa nas práticas construtivas do canteiro da obra não envolveram nenhum custo adicional à construtora.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O desenvolvimento deste estudo teve como objetivo principal a aplicação de uma metodologia de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (RCC). Esta aplicação atende as recomendações da Resolução CONAMA N°307/02 no que diz respeito ao tratamento dos RCC na sua fonte de geração, o canteiro da obra.

As consequências da aplicação desta metodologia no canteiro da obra (Obra 1) foram bastante significativas. O processo envolveu a definição de boas práticas na fonte de geração, visando a minimização dos resíduos e a identificação de técnicas para reaproveitar estes resíduos, dentro e fora do canteiro da obra.

Além de tornar o canteiro da obra mais limpo e organizado, a aplicação do programa de gerenciamento na Obra 1 proporcionou uma redução significativa no volume de geração dos resíduos da construção civil.

A diferença entre os volumes de geração, observada nas duas obras do estudo, pode ser explicada pela introdução das boas práticas que visaram a minimização da geração dos resíduos e também pelo reaproveitamento dos resíduos gerados no desenvolvimento da Obra 1. Comparando-se os volumes das duas obras utilizadas no estudo, foi observado que a Obra 1, com a utilização do gerenciamento, produziu um volume aproximadamente 1,4 vezes menor que o gerado pela Obra 2. Este valor, 1,4, é referente à análise dos resíduos gerados nas duas obras, desconsiderando qualquer tipo de reaproveitamento. Levando-se em consideração o reaproveitamento de resíduos na Obra 1, a diferença entre os volumes obtidos aumentou para 4 vezes.

Na Obra 1, os resíduos gerados foram reaproveitados dentro e fora do canteiro da obra, de acordo com suas características. O reaproveitamento destes resíduos foi responsável pela redução de aproximadamente 45% do volume de disposição final. A introdução da coleta seletiva no canteiro da obra foi fundamental para que os resíduos pudessem ser reaproveitados de maneira adequada, pois a

separação dos resíduos em classes facilita a identificação das técnicas de reutilização e reciclagem viáveis para cada situação.

Com a aplicação da coleta seletiva, os resíduos que não foram reaproveitados na obra tiveram sua disposição final definida de acordo com a resolução federal. Desta forma, na caçamba estacionária localizada na Obra 1 foram dispostos somente os resíduos pertencentes à classe A, diferentemente da situação observada na Obra 2, na qual todo resíduo gerado pelas atividades da obra foram dispostos, sem qualquer segregação, na caçamba estacionária, local em que deveriam ser dispostos somente os resíduos classe A.

Outra observação referente às duas obras do estudo de caso, foi em relação ao aspecto financeiro das obras. Através da aplicação da metodologia de gerenciamento de resíduos foi possível obter, com os dois sobrados da Obra 1 utilizados no estudo, uma economia de R\$ 175,71. Este valor obtido é referente aos materiais que deixaram de ser adquiridos devido ao reaproveitamento dos resíduos em determinadas atividades e à redução do volume de material disposto na caçamba estacionária, que resultou em uma economia na locação e no transporte dos resíduos.

Com a projeção realizada para todos os sobrados integrantes da Obra 1, vinte e dois no total, a economia proporcionada pela metodologia de gerenciamento poderia chegar a R\$ 1.932,81. Este valor passa a ser representativo, pois para que a metodologia utilizada na pesquisa fosse aplicada, não houve nenhum custo adicional à construtora.

Foi observado durante o desenvolvimento da pesquisa no canteiro da Obra 1, o interesse, por parte dos funcionários da construtora, pelo estudo proposto. Dessa forma, todas as mudanças no processo construtivo, sugeridas pelo estudo, foram implementadas sem grandes dificuldades, colaborando assim com os resultados obtidos.

A pesquisa desenvolvida demonstrou que a aplicação da metodologia de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil pode proporcionar às construtoras, e também ao meio ambiente, inúmeras vantagens. Em relação aos impactos ambientais, pode-se destacar a redução do volume de geração de resíduos da obra, o reaproveitamento destes resíduos dentro e fora do canteiro da obra, a disposição adequada dos resíduos de acordo com a resolução federal e a diminuição da aquisição e da extração de recursos naturais não-renováveis do meio ambiente, como a areia e a brita.

Para as construtoras, a introdução do gerenciamento de resíduos no canteiro da obra, além de melhorar a imagem da empresa junto ao consumidor, pode gerar recursos financeiros como o observado pela pesquisa. Porém, é difícil avaliar se estas vantagens são suficientes para conscientizar os agentes envolvidos com o setor da construção civil sobre a necessidade que a aplicação deste tipo de gerenciamento começa a ter para que a sociedade atinja o desenvolvimento sustentável.

Como forma de dar continuidade a esta linha de pesquisa, cujo intuito principal foi encaminhar o setor da construção civil em busca de soluções que contribuam com a busca do desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente, são apresentadas algumas sugestões para futuros trabalhos:

1. aplicação da metodologia de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil em obras de grande porte;
2. investigação de outras alternativas para reaproveitamento dos resíduos gerados nas obras;
3. realização de testes de laboratório com os resíduos da construção civil para reaproveitá-los em processos construtivos que tenham função estrutural;
4. análise do mercado de materiais reciclados e sua aceitabilidade por parte dos envolvidos com o setor;

5. identificação de procedimentos, inclusive fiscais, para o estímulo da adesão à prática do gerenciamento e minimização dos RCC, por parte tanto das pequenas, como das grandes construtoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFFONSO, F. J. A. **Caracterização de agregados reciclados de resíduos de construção e demolição (RCD) para o uso em camadas drenantes de aterros de resíduos sólidos.** Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2005.

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas para o meio ambiente e desenvolvimento.** Rio de Janeiro, 1992.

AMBROZEWICZ, P. H. L. **Gestão da Qualidade na construção civil: a qualidade na execução de obras públicas.** SENAI/PR: Curitiba, 2001.

ANGULO, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados.** Dissertação de mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

ANGULO, S. C.; ULSEN, C.; JOHN, V.M.; KAHN, H. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD.** In: V Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil. IBRACON, São Paulo, 2002.

ANGULO, S. C.; KAHN, H.; JOHN, V. M.; ULSEN C. **Metodologia de caracterização de resíduos de construção e demolição.** VI Seminário Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil – Materiais Reciclados e suas Aplicações, São Paulo, 2003a.

ANGULO, S. C.; JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. **Sobre a necessidade de uma metodologia de pesquisa de desenvolvimento para reciclagem.** In: I Fórum das Universidades Públicas Paulistas – Ciência e Tecnologia em resíduos. Lindóia, 2003b.

ARAUJO, A. F. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de Construção Civil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2002.

ARRUDA, M. P. **Brazilian contribution to the formulation of Agenda 21 on sustainable construction in developing countries.** Disponível em: <http://www.CIBworld.nl>. Acesso em: junho de 2005.

ASSEMBLÉIA GERAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21 Global**. Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento sustentável. ECO 92. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: agosto de 2005.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 10004. Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 1987.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 10004. Resíduos Sólidos: Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 15112. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Áreas de Transbordo e Triagem de RCD**. Junho, 2004a.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 15113. Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes: Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Junho, 2004b.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 15114. Resíduos sólidos da construção civil: Área de Reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação**. Junho, 2004c.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 15115. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Execução de camadas de pavimentação – Procedimentos**. Junho, 2004d.

ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS). **NBR 15116. Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil: Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural**. Junho, 2004e.

BRASIL. **Lei Federal nº 10.257, de 10 julho de 2001**. O Estatuto da Cidade: Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001.

BRASIL. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat**. Ministério das Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/pbqp-h/>. Acesso em: janeiro, 2006

BELO HORIZONTE. **Reciclagem do Entulho da Construção Civil**. Limpeza Urbana. Disponível em: <http://www.pbh.gov.br/siga/limpeza/entulho.htm>. Acesso em: setembro, 2005.

CEF (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL). **Reciclagem do entulho para produção de materiais de construção**. Salvador: Ed. da UFBA, 2001.

CEF (CAIXA ECONÔMICA FEDERAL). **Manejo e gestão de resíduos da construção civil. Volume 1 – Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**. Brasília, 2005.

CETESB (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL). **Relatório de qualidade do ar na região metropolitana de São Paulo e em Cubatão - 1998**. São Paulo; 1999.

CIB (INTERNATIONAL COUNCIL FOR RESEARCH AND INNOVATION IN BUILDING AND CONSTRUCTION). **Agenda 21 on sustainable construction**. CIB Report Publication n° 237. Rotterdam, 1999.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução n°235, de 7 de janeiro de 1998**: Classificação dos resíduos, para melhor gerenciamento das importações. Janeiro, 1998.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução n°307, de 5 de julho de 2002**: Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Julho, 2002.

CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). **Resolução n°348, de 16 de agosto de 2004**: Altera a Resolução CONAMA n°307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Agosto, 2004.

COSTA, N. A. A. da. **A reciclagem do resíduo de construção e demolição: uma aplicação da Análise Multivariada**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2003.

CUNHA JUNIOR, N. B. **Cartilha de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para a Construção Civil**. 38p. SINDUSCON – MG. Belo Horizonte, 2005.

CURITIBA. **Lei nº 9.380, de 30 de setembro de 1998.** Dispõe sobre a normatização para o transporte de resíduos no Município de Curitiba. Curitiba, 1998.

CURITIBA. **Decreto nº1.068, de 18 de novembro de 2004.** Institui o Regulamento do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil do Município de Curitiba e altera disposições do Decreto nº1.120/97. Curitiba, 2004.

CWM (CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT). **Good Practice Guide.** Cardiff University, 2005. Disponível em: <http://www.cf.ac.uk/archi>. Acesso em: agosto, 2005.

DEGANI, C. M. **Sistemas de gestão ambiental em empresas construtoras de edifícios.** Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

EC (EUROPEAN COMMISSION). **Construction and demolition waste management practices and their economic impacts.** Waste Studies. Disponível em: <http://europa.eu.int/comm/environment/waste/studies/index.htm>. Acesso em: agosto, 2005.

EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). **Characterization of building-related construction and demolition debris in the United States.** Office of Solid Waste. Junho, 1998.

FATTA, D.; PAPADOPOULOS, A.; AVRAMIKOS E.; SGOUROU E.; MOUSTAKAS, K.; KOURMOUSSIS, F.; MENTZIS, A.; LOIZIDOU, M. **Generation and management of construction and demolition waste in Greece – an existing challenge.** Journal of Resources, Conservation and Recycling, Volume 40, Issue 1, p81-91, December 2003.

FURTADO, J. S. **Atitude ambiental sustentável na Construção Civil: ecobuilding & produção limpa.** Disponível em: <http://www.vanzolini.org.br/areas/desenvolvimento/producaolimpa>. Acesso em: junho, 2005.

GREENWOOD. **Construction waste minimisation: good practice guide.** Centre of Research in Built Environment. Cardiff, 2004.

HUANG, W. L.; LIN, D. H.; CHANG, N. B.; LIN, K. S. **Recycling of construction and demolition waste via mechanical sorting process**. Journal of Resources, Conservation and Recycling, Volume 37, Issue 1, p23-37, December 2002.

IPPUC (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA). **Curitiba em dados 2004**. 292p. Curitiba, 2004.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

JOHN, V. M; SILVA, V. G; AGOPYAN, V. **Agenda 21: Uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro**. In: Encontro Nacional e I Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. Canela, 2001.

JOHN, V. M; AGOPYAN, V. **Reciclagem de resíduos de construção**. In: Seminário de Reciclagem de Resíduos Sólidos Domésticos, CETESB. São Paulo, 2000.

JOHN, V. M; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de Gestão dos Resíduos de Gesso**. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: junho de 2005.

KARTAM, N.; AL-MUTAIRI, N.; AL-GHUSAIN, I.; AL-HUMOUD, J. **Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait**. Waste Management, v. 24, p. 1049 – 1059. June, 2004.

KLANG, A.; VIKMAN, P.; BRATTEBO, H. **Sustainable management of demolition waste – an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects**. Journal of Resources, Conservation and Recycling, Volume 38, Issue 4, p317-334, July 2003.

LAQUATRA, J.; PIERCE, M. **Managing waste at the residencial construction site**. Journal of solid waste technology and management, v.30, n.2, p67-89, may, 2004.

LEE, M. **Mandatory recycling plan advances: construction waste cutback is San Diego goal**. The San Diego Union Tribune, Disponível em: http://www.Signonsandiego.com/uniontrib/20050414/news_2m14recycle.html. Acesso em: setembro, 2005.

LEVY, S. M. **Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2002.

LIMA, J. A. R. **Proposição para diretrizes para produção e normalização de resíduo de construção reciclado e de suas aplicações em argamassas e concreto.** Dissertação de Mestrado, São Carlos, 1999.

MALVIN, J. **Governor approves recycled concrete bill.** The California Aggie Online – 21/10/05. Disponível em: <http://www.californiaaggie.com>. Acesso em: fevereiro, 2006.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Agenda 21 Brasileira – Bases para discussão.** Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: outubro de 2005.

MOTA, S. **Introdução à Engenharia Ambiental.** 2º edição. Rio de Janeiro, Abes, 2000.

PERA, J. **State of the art report – use of waste materials in construction in western Europe.** In: Seminário sobre reciclagem e reutilização de resíduos como materiais de construção. São Paulo, 1996.

PINTO, T. P. **Reaproveitamento de resíduos da construção.** Revista Projeto, nº 98, p. 137-138. São Paulo, 1987.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. São Paulo.** Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.

POON, C. S. **Management and recycling of demolition waste in Hong Kong.** Waste Management & Research, p. 561-572, v. 15, 1997.

POON, C.S.; YU, A. T. W.; NG, L. H. **On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong.** Resources, Conservation and Recycling, v. 32, p. 157-172. January, 2001.

RIO DE JANEIRO (Município). **Resolução SMAC nº 387, de 24 de maio de 2005.** Disciplina apresentação de projeto de gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – RCC. Rio de Janeiro, 2005.

SÃO PAULO (Município). **Lei nº 10.315, de 30 e abril de 1987.** Dispõe sobre a limpeza pública do Município de São Paulo. São Paulo, 1987.

SÃO PAULO (Município). **Decreto nº42.217, de 24 de julho de 2002.** Estabelece rito de licenciamento e regra operação de áreas de transbordo e triagem e pontos de entrega voluntária de resíduos da construção. São Paulo, 2002.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI JUNIOR, A. **Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo.** Revista Ambiente Construído, v.4, n.4, p21-32, out/dez, 2004.

SINDUSCON-DF. **Projeto de Gerenciamento de Resíduos Sólidos em canteiros de obras.** 27p. Distrito Federal, 2005.

SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP.** São Paulo: Obra Limpa: I&T: SindusCon-SP, 2005.

SOUZA, M. E. **Levantamento Preliminar dos Pontos de Poluição e Aterros de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Bacia do Atuba-Bacacheri, no trecho das nascentes a BR-476, em Curitiba/PR.** Monografia de Conclusão de Curso, Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, 2005.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C.; AGOPYAN, V. **Os valores das perdas de materiais nos canteiros de obras do Brasil.** In: Congresso Latino-americano de Tecnologia e Gestão na produção de edifícios – Soluções para o Terceiro Milênio. São Paulo, 1998.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE, A. C. **Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva.** Revista Ambiente Construído, v.4, n.4, p33-46, out/dez, 2004.

THORMARK, C. **Conservation of energy and natural resources by recycling building waste.** Journal of Resources, Conservation and Recycling, v.33, p113-130, april, 2001.

WALKER, J. O. V. T; DOHMANN, M. **Environmental impact of demolition waste – an overview on 10 years of research an experience.** Journal of Waste Management, v.16, Issues 1-3, p21-26, 1996.

WAMBUCO. **Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios – Volume III.** União Européia, 2002.

ZORDAN, S. E. **A utilização do entulho como agregado na confecção do concreto.** Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1997.

ANEXOS

ANEXO 1 – PALESTRA INAUGURAL: DETALHES DA APRESENTAÇÃO